MINISTÈRE DE LA DÉFENSE

ÉTAT-MAJOR DE L'ARMÉE DE TERRE

CoFAT

TTA 150

TITRE IX

TOPOGRAPHIE – OBSERVATION

Édition provisoire 2001

TITRE IX

TOPOGRAPHIE – OBSERVATION

SOMMAIRE

Avant-propos 3

SECTION I

LA TOPOGRAPHIE

Chapitre 1. – **Les cartes** 5
Chapitre 2. – **Les formes du terrain et leur représentation** 19
Chapitre 3. – **Utilisation de la carte** 24
Chapitre 4. – **Mesures sur la carte** 29
Chapitre 5. – **Mesures sur le terrain** 36
Chapitre 6. – **La carte routière** 39
Chapitre 7. – **La boussole** 42

SECTION II

L'OBSERVATION

Chapitre 1. – **Instruments d'observation et de surveillance** 50
Chapitre 2. – **Le tour d'horizon** 52
Chapitre 3. – **Étude d'itinéraire** 57
Chapitre 4. – **Observation de nuit** 59

SECTION III

PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES

Chapitre 1. – **Présentation des photos aériennes** 64
Chapitre 2. – **Emploi des photos aériennes verticales** 66
Chapitre 3. – **L'imagerie spatiale** 72

ANNEXES

Annexe I. – **S'orienter** 76
Annexe II. – **Projection UTM 84 - UTM 50** 83
Annexe III. – **Le GPS-NAVSTAR** 84
Annexe IV. – **LE PLGR/AN/PSN 11 « PLUGGER »** 86

AVANT-PROPOS

BUT ET DONNÉES ESSENTIELLES

Être capable de s'orienter ou de localiser un objectif à l'aide d'instruments topographiques simples et de documents cartographiques ou photographiques, pour l'accomplissement des missions susceptibles d'être confiées, suivant leur niveau, aux gradés et aux sous-officiers.

RÉFÉRENCES

– TTA 501 : Règlement de topographie.

– TTA 502 : Manuel de topographie.

CONSEILS POUR ABORDER L'ÉTUDE

Une très bonne connaissance des sections I et II de ce titre est fondamentale : un bon usage de la carte et de la boussole conditionne souvent l'accomplissement des missions de combat. Aussi, est-il souhaitable que l'étude de ces deux sections soit achevée avant le début de l'instruction combat.

Cette étude doit être menée de manière très pratique, donc essentiellement sous forme d'exercices d'application et surtout de séances à l'extérieur.

Toutes les occasions (déplacements, exercices sur le terrain, etc.) doivent être mises à profit pour s'entraîner à la lecture de la carte et de la photo aérienne.

Il est évident que tout homme du rang et, a fortiori, tout sous-officier doit connaître parfaitement les procédés qui lui sont nécessaires pour s'orienter. L'annexe au présent titre rappelle succinctement ces procédés et leur mise en œuvre.

SECTION I

LA TOPOGRAPHIE

CHAPITRE 1

LES CARTES

La carte est une image du terrain comme on pourrait la dessiner à bord d'un hélicoptère. C'est la représentation, sur une feuille de papier, des objets ou détails de toute nature : routes, villages, bois, rivières, etc., qui se trouvent à la surface du sol, ainsi que des mouvements de terrain : vallées, collines, montagnes.

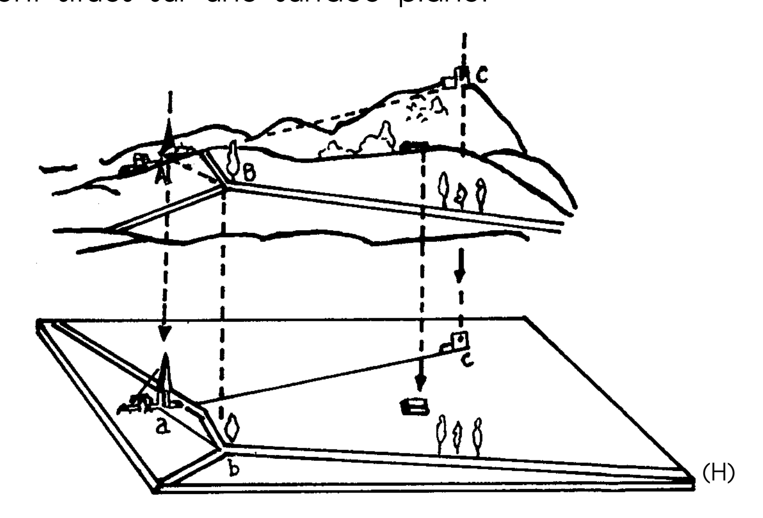
Le dessin de la carte est fait suivant certaines règles ou conventions de façon que l'on puisse :

- trouver des repères sûrs qui permettent de situer sur la carte tout point du terrain ;
- connaître la direction à suivre pour se rendre d'un point à un autre ;
- déterminer la distance qui sépare ces points ;
- définir la pente du terrain et les altitudes des divers points.

Ainsi établie, la carte fournit les renseignements nécessaires pour se diriger, choisir un itinéraire, préparer le tir d'un mortier ou d'un canon.

1. LA CARTE EST UNE REPRÉSENTATION GÉOMÉTRIQUE DU TERRAIN

Une photographie prise d'avion donne une image du terrain sur laquelle on distingue fort bien les rivières, les routes, les voies ferrées, les forêts, les habitations, etc. Mais, sur cette image, le relief du sol et la hauteur respective des objets n'apparaissent pas et l'on pourrait croire que tous ces objets ou ces détails sont situés sur une surface plane.



La carte donne du terrain une image du même genre, comme si on avait laissé tomber verticalement [1] chaque point de chaque objet ou détail du terrain sur une surface horizontale [2] : on dit que, sur cette image, chaque point de la surface du sol se trouve projeté verticalement sur un plan horizontal.

Soit trois points du terrain : un clocher A, un carrefour B, le sommet d'une montagne C ; et soit H, un plan horizontal (voir schéma page précédente).

Sur ce plan, le sommet du clocher A sera représenté par le point *a,* sa projection, c'est-à-dire le point où la verticale, passant par le clocher, rencontre le plan.

De même le carrefour B et le sommet de la montagne C seront représentés par les points *b* et *c,* leur projection sur le plan horizontal H.

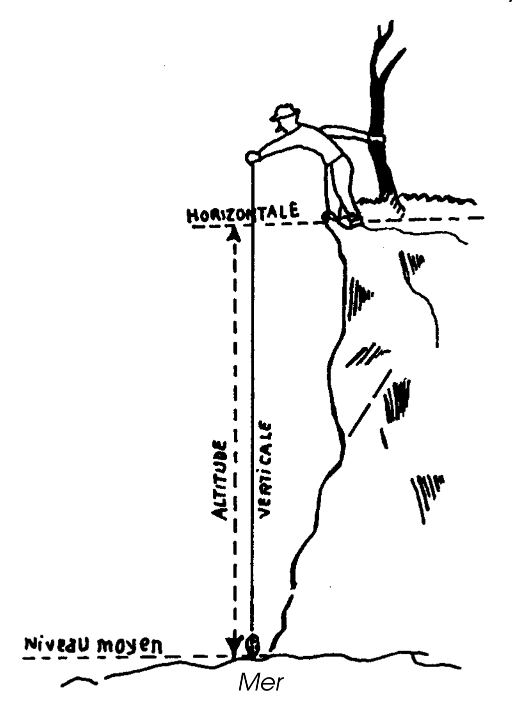
La ligne droite *ac* est la projection sur le plan horizontal de la ligne droite AC du terrain.

La longueur *ac* définit la distance réduite à l'horizon entre A et C. Elle n'est égale à celle qui sépare réellement les deux points du terrain que dans le cas où la droite qui joint ces deux points est horizontale. Dans tous les autres cas, la distance réduite à l'horizon est plus courte que la distance mesurée sur le terrain.

L'angle *bac* que fait la ligne *ab* avec la ligne *ac* définit l'angle horizontal que font entre elles les directions AB et AC du terrain.

Sur cette représentation géométrique plane, on situe les points dans le sens de la hauteur, par leur altitude. L'altitude est la distance mesurée suivant la verticale et qui sépare chacun des points de la surface moyenne des mers supposée prolongée sous les continents.

Ainsi l'altitude du sommet d'une falaise bordant la mer est la hauteur de cette falaise au-dessus du niveau moyen de la mer.



(1) La direction de la verticale en un lieu est donnée par le fil à plomb. C'est la direction suivant laquelle s'exerce la pesanteur.

(2) Un plan horizontal est un plan perpendiculaire à la verticale ; il se trouve matérialisé dans la nature par la surface d'une petite étendue d'eau tranquille. On définit une direction horizontale au moyen d'un niveau.

2. L'ÉCHELLE

Pour être d'un emploi commode, *les cartes sont des images très réduites du terrain.* On représente, en effet, sur une même feuille de papier, d'un format facile à transporter, plusieurs centaines de milliers de kilomètres carrés.

La réduction effectuée pour passer des distances mesurées sur le terrain aux longueurs qui les représentent sur une carte a une valeur fixe que l'on appelle ***l'échelle.***

On exprime l'échelle sous la forme d'une fraction dont le numérateur est 1.

Exemple : 1/50 000.

Les chiffres de cette fraction indiquent que les distances du terrain sont représentées sur la carte par des longueurs 50 000 fois plus petites.

Exemple : 2 000 m sont représentés à l'échelle 1/50 000 par une longueur de :

$$\frac{2\,000}{50\,000} = 0{,}04 \text{ m, soit } 4 \text{ cm}$$

Cette distance de 2 km serait représentée par une longueur de 8 cm sur une carte au 1/25 000.

L'échelle est d'autant plus grande que le dénominateur est plus petit, l'échelle du 1/25 000 est plus grande que l'échelle du 1/50 000.

On choisit l'échelle d'une carte suivant l'utilisation que l'on veut en faire. Plus l'échelle adoptée sera grande et plus on pourra faire figurer de détails sur une carte, mais plus la superficie du terrain représentée sur une même feuille sera petite.

L'échelle est indiquée dans la marge de chaque feuille et il est indispensable de connaître la valeur de cette convention pour effectuer des mesures de distances sur la carte.

Il faut se rappeler que :

- au 1/10 000, 1 mm de la carte représente 10 m ;
- au 1/20 000, 1 mm de la carte représente 20 m ;
- au 1/25 000, 1 mm de la carte représente 25 m ;
- au 1/50 000, 1 mm de la carte représente 50 m ;
- au 1/80 000, 1 mm de la carte représente 80 m ;
- au 1/200 000, 1 mm de la carte représente 200 m.

Ainsi, lorsque sur une carte au 1/50 000 nous mesurons, entre deux points, une longueur de 12 mm, la distance des deux points correspondants du terrain est de :

$$50 \times 12 = 600 \text{ m}$$

Échelle graphique. *Les cartes portent le tracé d'une ligne graduée en distances appelée échelle graphique.* Reportée sur une réglette, cette échelle peut être utilisée pour mesurer les distances sans avoir à faire de calculs.

3. LA CARTE DONNE UNE REPRÉSENTATION CLAIRE ET EXPRESSIVE DES DÉTAILS DU TERRAIN PAR L'EMPLOI DE SIGNES CONVENTIONNELS

On distingue ***deux catégories de détails*** parmi ceux représentés sur la carte :

- les figures naturelles ou artificielles de la surface du sol (rivières, rivages, limites de bois, voies de communications, maisons...) que l'on appelle ***détails de planimétrie ;***
- les accidents du relief (montagnes, vallées...) que l'on nomme ***détails de nivellement ou figuré du terrain.***

Les conventions adoptées pour figurer ces détails sont différentes suivant qu'il s'agit de l'une ou l'autre de ces catégories.

31. Signes conventionnels (planimétrie)

La carte étant une image très réduite du terrain, on ne peut représenter tous les détails de la surface ; mais il faut que les objets que l'on veut y faire figurer soient reconnaissables et facilement identifiables. Or, certains de ces objets auraient, à l'échelle adoptée, des dimensions trop faibles pour être facilement discernés.

Ainsi une cheminée d'usine, point de repère très visible sur le terrain, ou une source, détail de grande importance dans certaines régions, auraient, réduits à l'échelle de 1/50 000, une image imperceptible.

Pour figurer les détails à signaler particulièrement, ou à maintenir sur la carte en raison de leur importance, *on utilise des signes conventionnels.*

Les signes conventionnels ont des dimensions indépendantes des objets eux-mêmes, mais proportionnées à leur importance.

Ils ne sont donc pas dessinés « à l'échelle » de la carte. Ils y sont, toutefois, mis en place suivant l'axe, ou le centre, des objets représentés. C'est ainsi qu'une route nationale est représentée au 1/50 000 par deux traits parallèles écartés de 1 mm, quelle que soit la largeur réelle de la route. Or, cet écartement de 1 mm correspondrait à une largeur de route de 50 m. De même, une cheminée d'usine est, quelle qu'en soit la hauteur, représentée par un cercle de 1 mm de diamètre (50 m sur le terrain).

Cette figuration symbolique conduit à décaler la représentation des détails considérés comme secondaires par rapport aux détails principaux : la représentation d'une maison bordant une route sera décalée de la demi-largeur du signe conventionnel représentant la route.

Les signes conventionnels rappellent souvent la forme des objets qu'ils représentent ; réunis sous la forme de tableaux, ils forment l'alphabet de la carte (voir en fin de chapitre).

32. Figuré du terrain

Pour choisir un itinéraire défilé, rechercher les zones d'observatoires, préparer le tir d'un mortier, etc., les collines, les vallées et tous les accidents du terrain analogues ont une grande importance.

On peut, pour situer relativement ces accidents, écrire en chiffres les altitudes des divers points du terrain, mais ce procédé ne peut être appliqué que pour certains détails bien nets : sommets, cols, confluents, car ces chiffres surchargeraient bien vite la carte et la rendraient peu lisible.

Au lieu d'indiquer de la sorte l'altitude de nombreux points, *on utilise :*

– le procédé des courbes de niveau ;

– le procédé des hachures, de moins en moins utilisé.

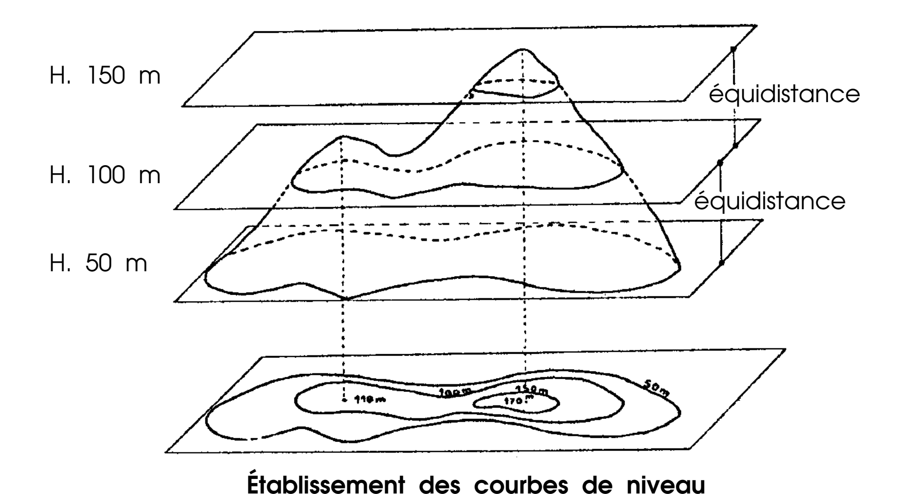
321. **Procédé des courbes de niveau.**

3211. *Principe.*

On peut avoir une idée des courbes de niveau en considérant, par exemple, les rives d'un étang.

Le contour de l'étang dessine sur le sol une ligne dont tous les points sont situés au même niveau.

Si l'étang s'assèche, le niveau de l'eau s'abaisse, son contour se déplace et dessine une nouvelle courbe correspondant à l'intersection du terrain par le nouveau plan d'eau.



Établissement des courbes de niveau

De même, en imaginant les courbes décrites sur une portion de la surface terrestre par des plans horizontaux équidistants, c'est-à-dire d'altitudes régulièrement échelonnées, et en projetant *le tracé de ces courbes* sur le plan horizontal, sur lequel on a déjà projeté les autres détails du terrain, on obtient *une représentation du relief* au moyen des courbes de niveau.

3212. *Équidistance.*

La différence d'altitude entre deux courbes *de niveau* **consécutives** *est appelée* ***équidistance ;*** l'équidistance adoptée est indiquée dans la marge de chaque carte.

3213. *Courbes maîtresses, courbes intercalaires.*

Un escalier dont les marches ont toutes la même hauteur est d'autant plus raide que la largeur des marches est plus petite ; de même *la pente du terrain sera d'autant plus forte que les courbes de niveau seront plus serrées.*

Les courbes de niveau sont en conséquence très espacées dans les plaines, très resserrées dans les parties montagneuses et la teinte plus ou moins foncée que leur tracé donne à la carte permet de se faire une idée générale du relief du sol.

Pour faciliter la lecture des courbes de niveau, on trace *en traits plus épais* les courbes équidistantes de 25, 50, 100 ou 200 m, suivant les cartes : ce sont *les courbes maîtresses.*

Dans les terrains de relief peu accusé, on utilise des courbes interrompues, tracées en *traits discontinus,* pour représenter des accidents situés entre deux courbes de niveau. Ces courbes sont appelées *courbes intercalaires.*

3214. *Avantages de ce procédé.*

Il permet de déterminer facilement :

– l'altitude d'un point ;

– la pente du terrain en un point.

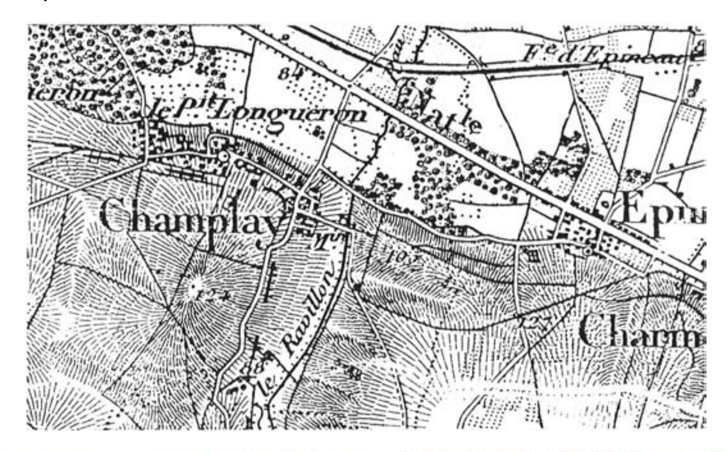
Mais il ne donne pas toujours une idée saisissante du modelé ; pour l'accentuer, sur les cartes au 1/50 000 et à l'échelle plus petite, on utilise l'estompage.

3215. *Estompage.*

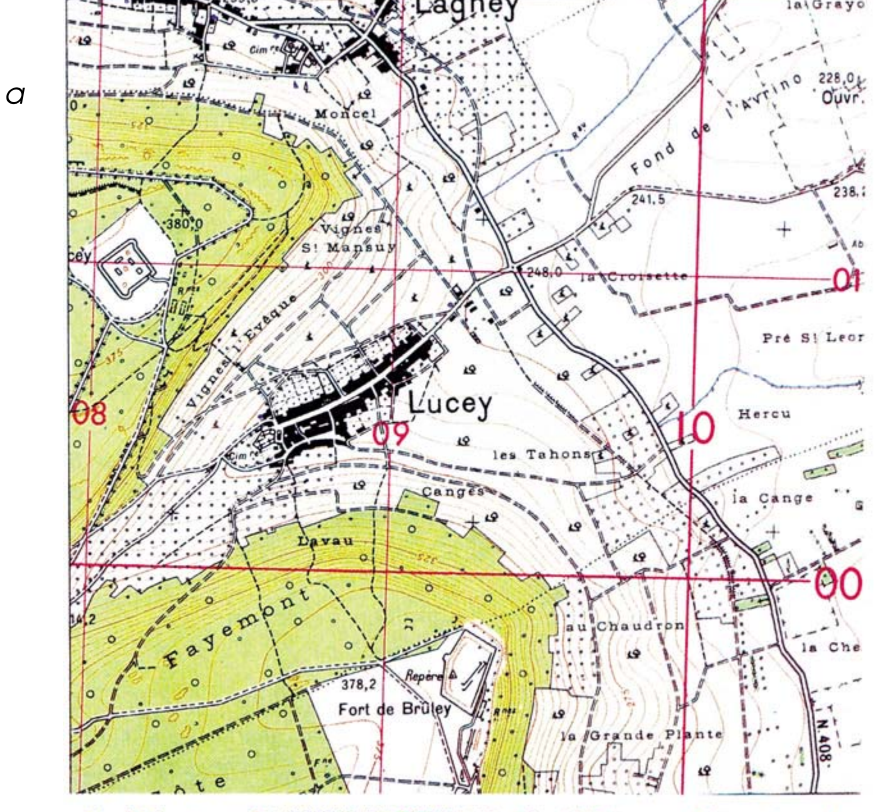
Ce procédé consiste à ombrer plus ou moins certaines pentes. Pour cela, on suppose que la lumière arrive à 45° sur le relief et vient du nord-ouest. Les ombres sont plus ou moins accentuées selon la pente et permettent de faire ressortir le relief des régions accidentées (voir cartes *a* et *b* page suivante).

322. **Procédé des hachures.**

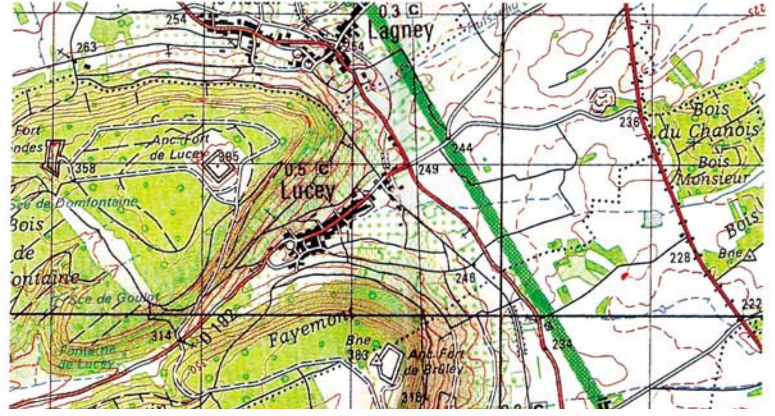
Dans ce procédé, le terrain est toujours coupé en tranches d'égale épaisseur mais, au lieu de tracer le contour des sections horizontales, ce sont les lignes de plus grande pente qui ont été représentées.



a



b

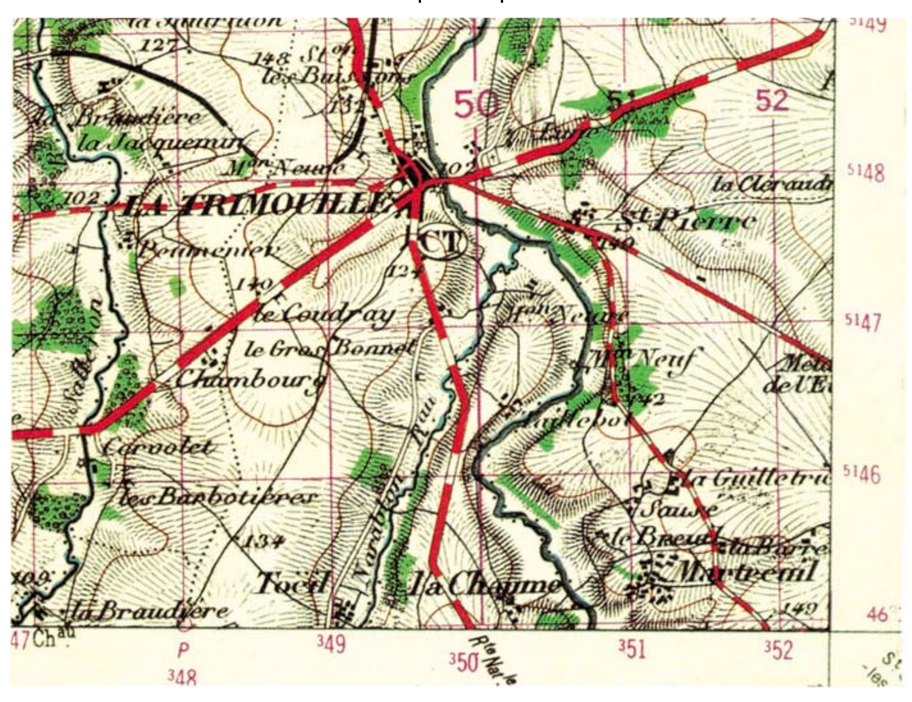


Extraits des cartes au 1/25 000 et au 1/50 000 publiées par l'Institut Géographique National

On obtient ainsi une meilleure impression du relief, mais il n'est pas facile de définir les altitudes. De plus, ce procédé a l'inconvénient de surcharger la carte.

Il n'est plus utilisé et, depuis 1980, toutes les cartes de ce type sont remplacées par des éditions avec la représentation du relief par courbes de niveau.

Sur les anciennes cartes militaires en hachures ont été reportées des courbes de niveau pour permettre des calculs.



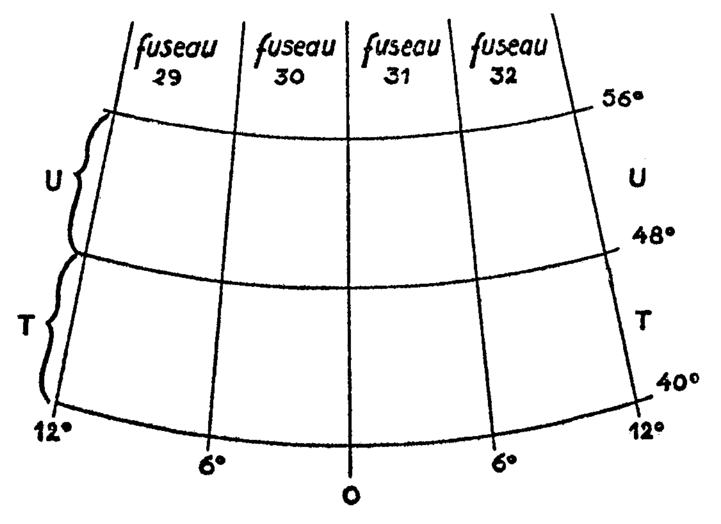
4. QUADRILLAGE DE LA CARTE

Pour permettre une désignation commode des points, un quadrillage rectangulaire est tracé sur la carte.

Sur les cartes militaires, le quadrillage utilisé est le quadrillage UTM (Universal Transverse Mercator).

41. Les fuseaux

La surface terrestre comprise entre les latitudes [1] 80° Nord et 80° Sud est divisée en 60 fuseaux égaux par des méridiens [2] espacés de 6 degrés en 6 degrés. Les fuseaux sont numérotés de l'ouest vers l'est. Chacun d'entre eux est découpé en bandes de 8 degrés de latitude, identifiées par une lettre.



(1) La latitude d'un point équivaut à la distance, en degrés ou en grades, de ce point à l'équateur mesurée sur le méridien du lieu.

(2) Un méridien est un grand cercle, ayant pour centre et pour diamètre le centre et le diamètre de la Terre, qui passe par les deux pôles.

42. Les carrés de 100 km de côté

Chaque fuseau est, en outre, divisé en carrés de 100 km de côté.

Chacun des carrés de 100 km contenus dans un même fuseau est désigné par deux lettres (1) : l'une est commune à tous les carreaux d'une même colonne, l'autre à tous les carreaux d'un même rang.

43. Les carrés de 10 km de côté

Les carrés de 100 km de côté sont divisés en carrés de 10 km par des axes rectangulaires.

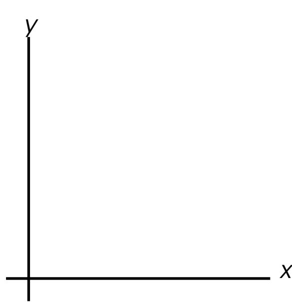
44. Les carrés de 1 km de côté

Les carrés de 10 km de côté sont divisés en carrés de 1 km pour les cartes d'une échelle supérieure au 1/20 000.

45. Les coordonnées UTM

Les traits verticaux sont appelés axes des ordonnées ou encore axes des *y*.

Les traits horizontaux sont appelés axes des abscisses ou encore axes des *x*.



Sur l'axe des abscisses, les mesures vont de la gauche vers la droite, sur celui des ordonnées de bas en haut.

L'abscisse et l'ordonnée d'un point constituent ses coordonnées d'identification. Elles sont toujours énoncées dans cet ordre.

46. Désignation d'un point sur la carte

Un point est normalement désigné par ses coordonnées d'identification qui comprennent :

461. La désignation de la zone du quadrillage dans laquelle il se trouve. Cette désignation comporte, dans l'ordre, le numéro du fuseau et la lettre d'identification de la bande.

Par exemple, pour le hameau « Le chêne pendu » : 31 T.

(Ce hameau se trouve dans la bande T du fuseau 31.)

462. Le groupe de deux lettres identifiant le carré de 100 km de côté dans lequel se trouve le point : E L.

Les indications concernant les deux éléments ci-dessus sont mentionnées en marge des cartes portant un quadrillage UTM (2).

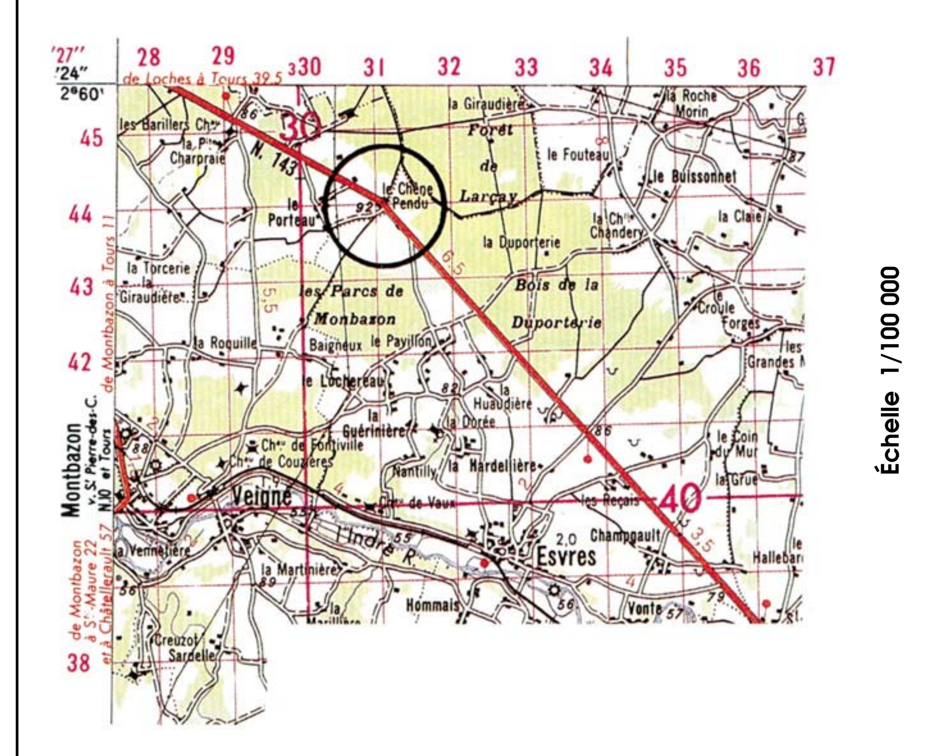
463. Les coordonnées numériques du point à l'intérieur du carré de 100 km comprenant le nombre des dizaines de kilomètres et des kilomètres (indiqués en gros caractères sur les

---

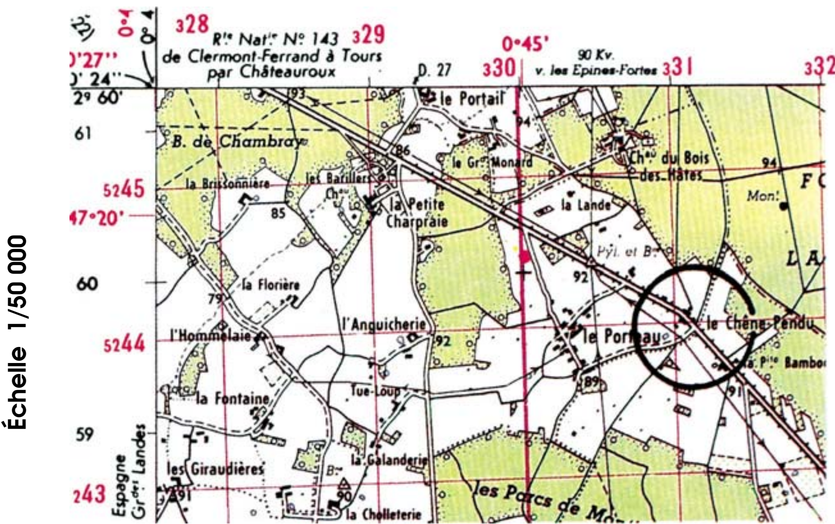
(1) Ces lettres sont choisies pour chaque fuseau de manière que le groupe de deux lettres affecté à un carré ne se reproduise que pour deux carrés très éloignés l'un de l'autre (plus de 1 500 km).

(2) Sur les dernières éditions de cartes 1/50 000 dans le cartouche sont ajoutés les différences de coordonnées géographiques du centre de la feuille ainsi que le ΔX et ΔY permettant de passer d'une projection à l'autre (UTM 84 → UTM 50 ; UTM 50 → UTM 84). En France, les corrections sont d'environ 90 m en X et 200 m en Y.

axes kilométriques), suivi des chiffres des hectomètres, décamètres, mètres... suivant l'exactitude désirée. Chacune des deux valeurs *x* et *y* doit comporter obligatoirement le même nombre de chiffres.



Échelle 1/100 000



Échelle 1/50 000

L'ensemble forme un matricule rédigé sans intervalles, parenthèses, tirets, virgules ou autres signes.

Soit : X = 31 080 m,

Y = 44 050 m.

Le matricule métrique UTM du point s'écrira : 31TCM3108044050.

Le matricule hectométrique : 31TCM311440.

Simplification du matricule d'un point. Dans de nombreux cas, toutes les précisions données par le matricule complet ne sont pas indispensables.

Lorsque la zone de travail de l'opérateur et de ses correspondants est contenue dans un même carré de 100 km de

côté, les coordonnées numériques suffisent et le matricule pour le point considéré se réduit à :

– 3108044050 (coordonnées métriques) ;
– 311440 (coordonnées hectométriques) [1].

Lorsque la zone de travail chevauche sur deux carrés de 100 km d'un même fuseau, on complète le matricule du point par le groupe de deux lettres identifiant le carré : CM 31080044050 ou CM 311440.

Par contre, lorsqu'elle chevauche sur deux fuseaux, le matricule complet doit être utilisé.

RAPPEL :

1) Dans tous les cas, l'abscisse *x* et l'ordonnée *y* sont toujours données avec le même nombre de chiffres :

– l'abscisse *x* doit toujours être énoncée avant l'ordonnée *y ;*
– les coordonnées sont rédigées comme un nombre continu, sans intervalles, parenthèses, tirets ou virgules ;
– impérativement, le chiffre des dizaines de kilomètres est toujours donné. Le chiffre des centaines de kilomètres n'est jamais donné, puisque le carré de 100 km est déjà identifié par deux lettres.

Pratiquement, seuls sont à considérer les chiffres du carroyage imprimés en gros caractères sur les cartes (voir cartes ci-dessus).

2) Habituellement, certains éléments des coordonnées ne sont pas énoncés.

a) Les coordonnées se rapportant à une carte au 1/25 000 ou à une échelle plus grande (1/10 000, 1/5 000) ne comprennent que les chiffres. Toutefois, si le correspondant est à plus de 100 km ou si le point est à moins de 45 km d'une ligne de changement de quadrillage, les coordonnées numériques sont précédées de l'identification du carré de 100 km de côté.

b) Les coordonnées se rapportant à une carte à l'échelle du 1/50 000 sont constituées généralement par l'identification du carré de 100 km de côté, suivi des coordonnées numériques.

c) Les coordonnées se rapportant à des cartes au 1/100 000 ou à une échelle plus petite (1/200 000) comprennent toujours l'identification du carré de 100 km.

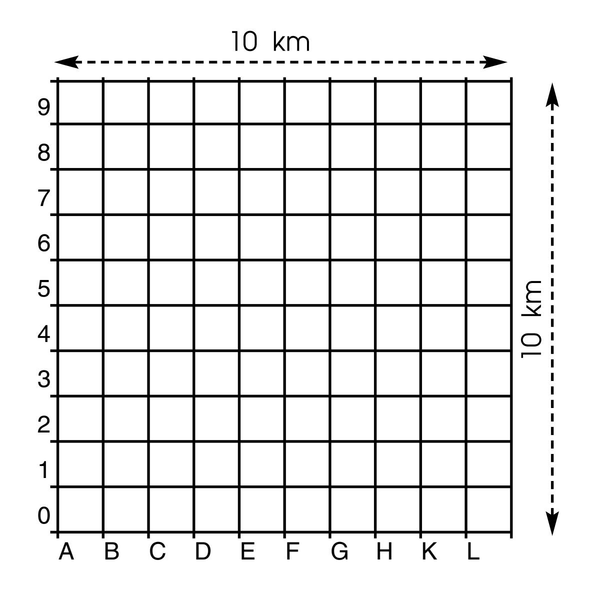
47. Les coordonnées « chasse »

Coordonnées d'appui aérien, les coordonnées « chasse » comprennent :

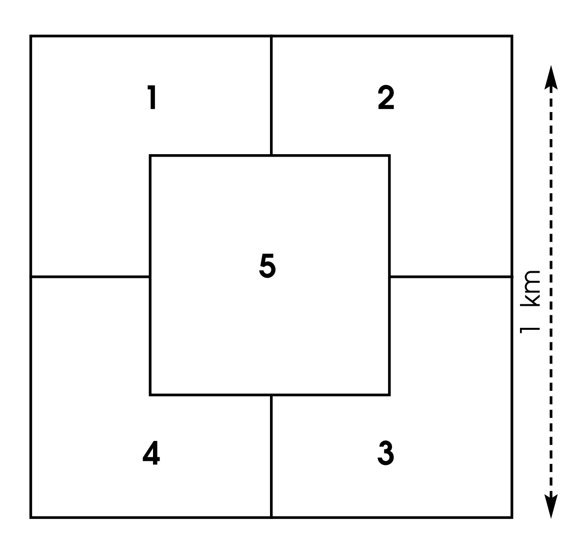
– la désignation du carré de 100 km (voir § 46 ci-dessus) ;
– la désignation du carré de 10 km (voir § 46 ci-dessus) ;
– la désignation par une lettre et un chiffre du carré de 1 km :
  - la lettre donne l'abscisse (de gauche à droite : A-B-C-D-E-F-G-H-K-L),
  - le chiffre donne l'ordonnée (de bas en haut : 0-1-2-3-4-5-6-7-3-9).

---

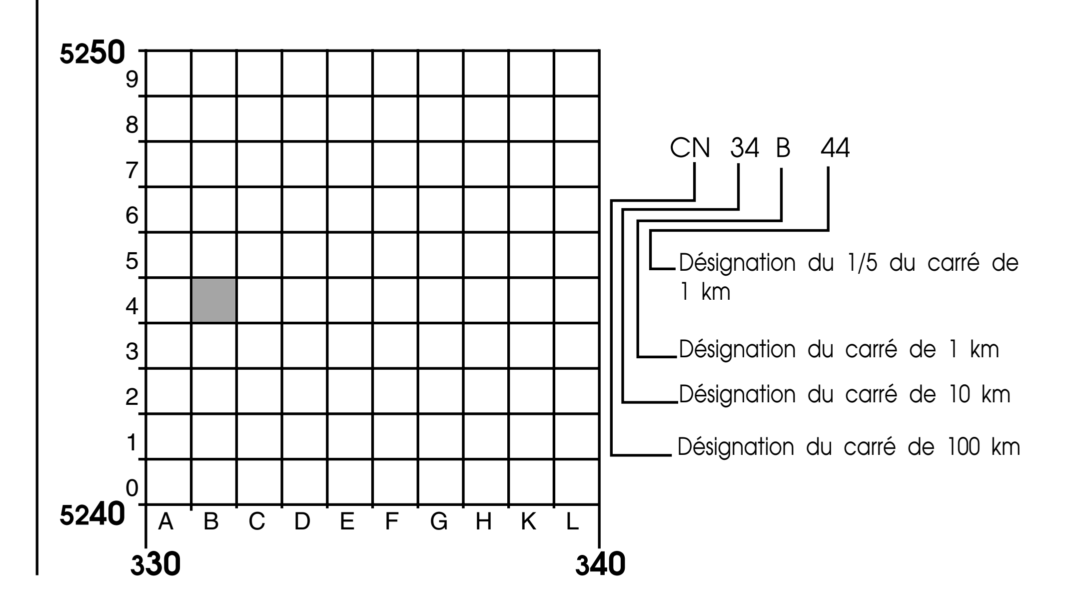
(1) Lorsqu'on transforme les coordonnées métriques en coordonnées hectométriques, on arrondit à l'hectomètre supérieur toute coordonnée ou abscisse dont le nombre de mètres est supérieur à 50 (ex. : X = 31 080 m devient X = 311 hm).



La désignation par un chiffre du cinquième du carré de 1 km.



Exemple : coordonnées chasse du hameau « Le Chêne Pendu » (voir exemple § 46 ci-dessus).



48. Désignation de directions Gisements

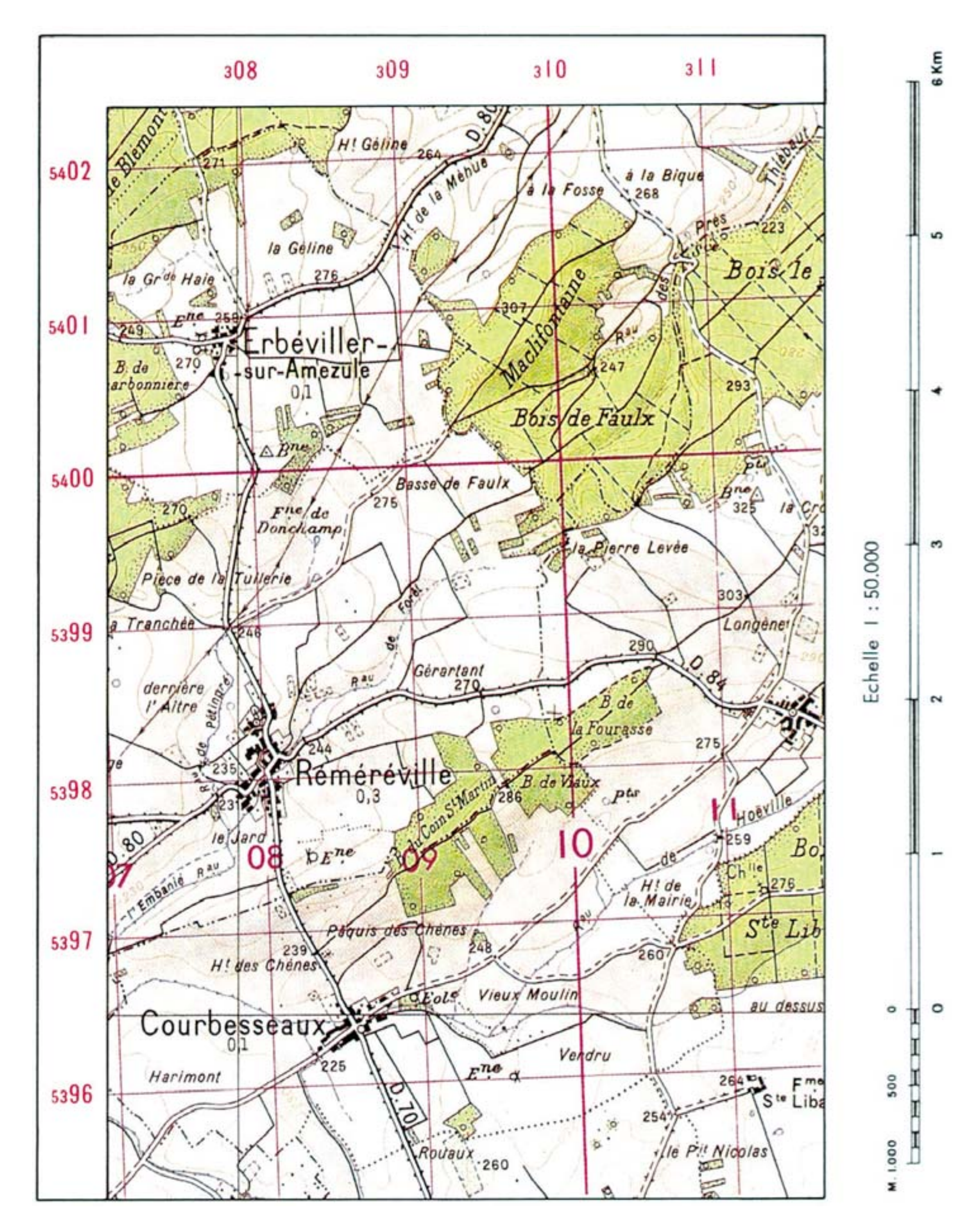
Toute ligne droite tracée sur la carte et considérée dans un sens déterminé représente une direction.

Ainsi, la ligne joignant la cote 270 à l'éolienne d'Erbéviller considérée dans le sens « cote 270 vers l'éolienne » représente la direction suivant laquelle, se trouvant à la cote 270, il faudrait viser pour atteindre l'éolienne.

AZIMUT

Sur une carte ne portant pas de quadrillage, on désigne une direction par *son azimut* (1), *angle qu'elle fait avec la direction du nord géographique* qui est la direction du pôle Nord.

À cet effet, la carte porte le tracé des méridiens qui indiquent la direction du nord géographique.



Extrait de la carte au 1/50 000
publiée par l'Institut Géographique National
(Reproduction interdite)

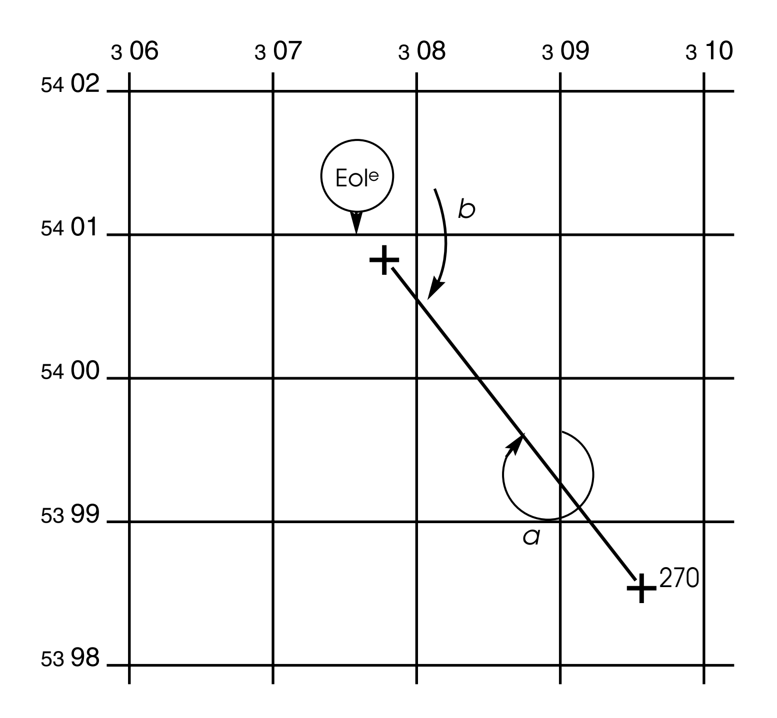
(1) Appelé aussi azimut géographique pour le distinguer de *l'azimut magnétique qui est l'angle fait par une direction avec celle du nord magnétique.* L'azimut magnétique se mesure à partir de la direction du nord magnétique et dans le sens des aiguilles d'une montre.

GISEMENT

Sur une carte portant un quadrillage UTM on appelle nord du quadrillage la direction des axes des y considérés dans le sens qui va du bas vers le haut de la carte et on définit une direction par *son gisement, angle qu'elle fait avec le nord du quadrillage.*

Le gisement se mesure à partir de la direction nord d'un des axes des *y* (axes verticaux) et dans le sens des aiguilles d'une montre.

Exemple : le gisement de la direction « cote 270 – éolienne d'Erbéviller » est égal à l'angle marqué par la flèche *a,* soit 5 724 millièmes.



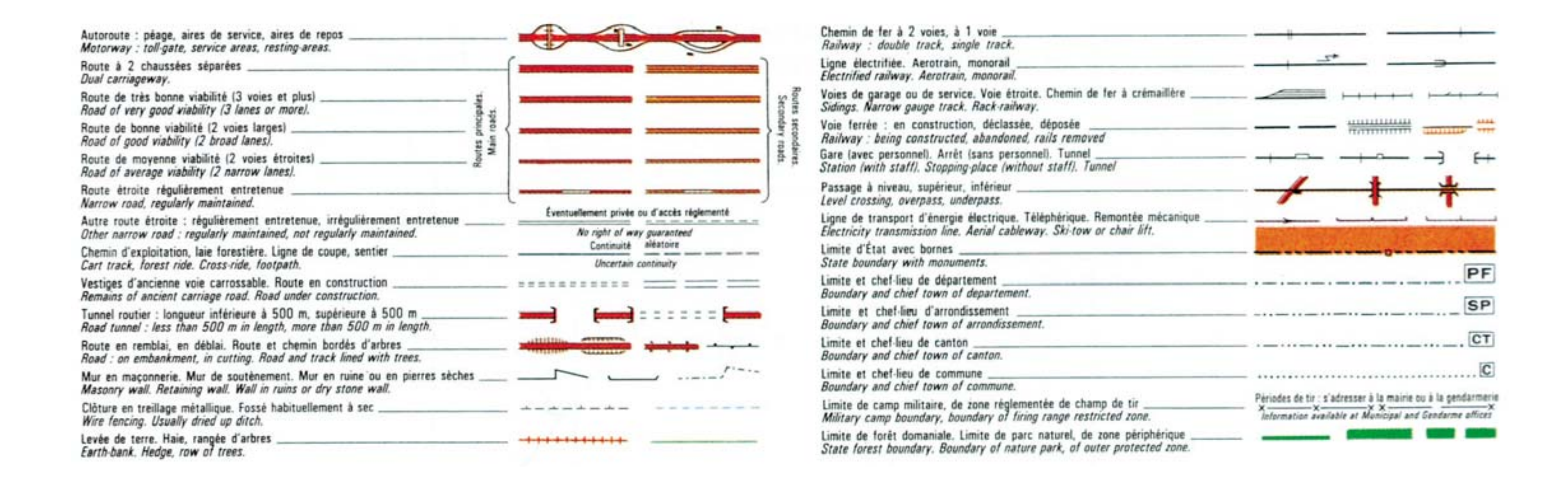
Les gisements d'une même droite, considérée dans une direction et dans la direction opposée, diffèrent de deux angles droits (180^0 = 200 gr ou 3 200 millièmes).

Le gisement de la direction « éolienne cote 270 » est égal à l'angle marqué par la flèche *b,* soit 2 524 millièmes.

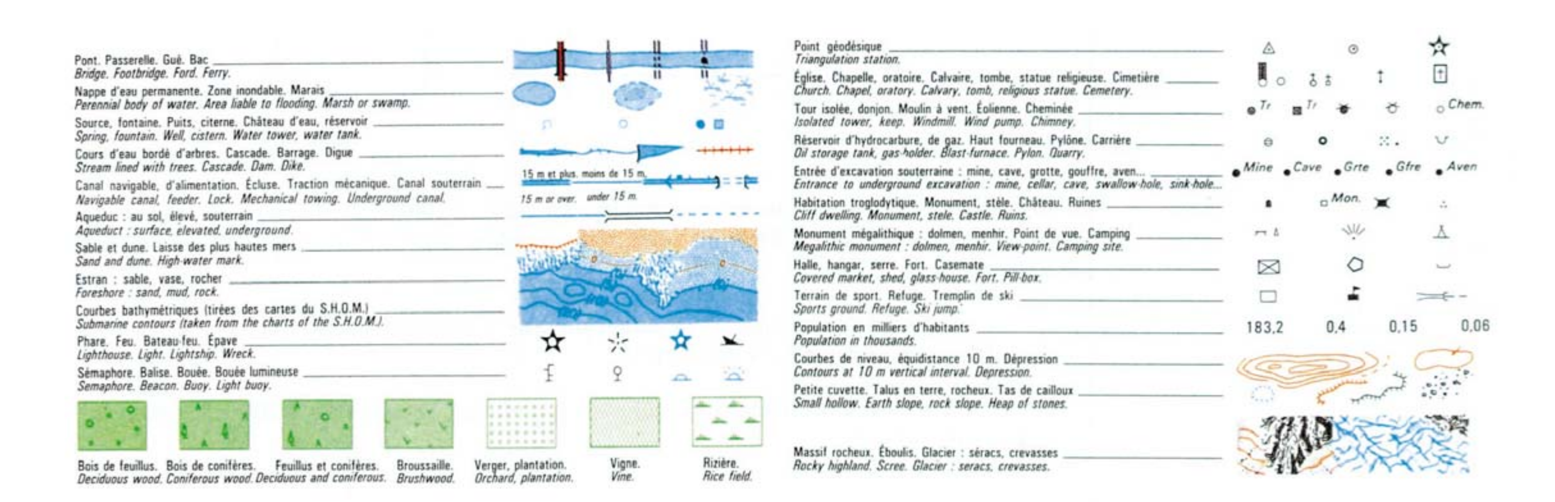
Ce gisement est différent de celui de la direction opposée de 3 200 millièmes (deux angles droits).

Remarques. – L'étude des principales conventions adoptées pour l'établissement des cartes suffit pour comprendre la manière dont on peut, par des mesures, tirer de la carte les éléments essentiels pour se diriger, préparer un tir et procéder aux désignations indispensables.

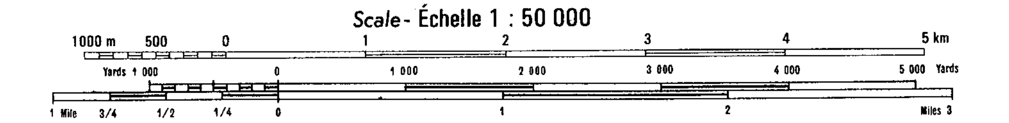
Le détail des opérations est précisé aux chapitres 4 et 5.



Autoroute : péage, aires de service, aires de repos
Motorway : toll-gate, service areas, resting-areas.
Route à 2 chaussées séparées
Dual carriageway.
Route de très bonne viabilité (3 voies et plus)
Road of very good viability (3 lanes or more).
Route de bonne viabilité (2 voies larges)
Road of good viability (2 broad lanes).
Route de moyenne viabilité (2 voies étroites)
Road of average viability (2 narrow lanes).
Route étroite régulièrement entretenue
Narrow road, regularly maintained.
Routes principales. Main roads.
Routes secondaires. Secondary roads.
Autre route étroite : régulièrement entretenue, irrégulièrement entretenue
Other narrow road : regularly maintained, not regularly maintained.
Éventuellement privée ou d'accès réglementé
No right of way guaranteed
Chemin d'exploitation, laie forestière. Ligne de coupe, sentier
Cart track, forest ride. Cross-ride, footpath.
Continuité aléatoire
Uncertain continuity
Vestiges d'ancienne voie carrossable. Route en construction
Remains of ancient carriage road. Road under construction.
Tunnel routier : longueur inférieure à 500 m, supérieure à 500 m
Road tunnel : less than 500 m in length, more than 500 m in length.
Route en remblai, en déblai. Route et chemin bordés d'arbres
Road : on embankment, in cutting. Road and track lined with trees.
Mur en maçonnerie. Mur de soutènement. Mur en ruine ou en pierres sèches
Masonry wall. Retaining wall. Wall in ruins or dry stone wall.
Clôture en treillage métallique. Fossé habituellement à sec
Wire fencing. Usually dried up ditch.
Levée de terre. Haie, rangée d'arbres
Earth-bank. Hedge, row of trees.
Chemin de fer à 2 voies, à 1 voie
Railway : double track, single track.
Ligne électrifiée. Aerotrain, monorail
Electrified railway. Aerotrain, monorail.
Voies de garage ou de service. Voie étroite. Chemin de fer à crémaillère
Sidings. Narrow gauge track. Rack-railway.
Voie ferrée : en construction, déclassée, déposée
Railway : being constructed, abandoned, rails removed
Gare (avec personnel). Arrêt (sans personnel). Tunnel
Station (with staff). Stopping-place (without staff). Tunnel
Passage à niveau, supérieur, inférieur
Level crossing, overpass, underpass.
Ligne de transport d'énergie électrique. Téléphérique. Remontée mécanique
Electricity transmission line. Aerial cableway. Ski-tow or chair lift.
Limite d'État avec bornes
State boundary with monuments.
Limite et chef-lieu de département
Boundary and chief town of department.
PF
Limite et chef-lieu d'arrondissement
Boundary and chief town of arrondissement.
SP
Limite et chef-lieu de canton
Boundary and chief town of canton.
CT
Limite et chef-lieu de commune
Boundary and chief town of commune.
C
Limite de camp militaire, de zone réglementée de champ de tir
Military camp boundary, boundary of firing range restricted zone.
Périodes de tir : s'adresser à la mairie ou à la gendarmerie
Information available at Municipal and Gendarme offices
Limite de forêt domaniale. Limite de parc naturel, de zone périphérique
State forest boundary. Boundary of nature park, of outer protected zone.



Pont. Passerelle. Gué. Bac
Bridge. Footbridge. Ford. Ferry.
Nappe d'eau permanente. Zone inondable. Marais
Perennial body of water. Area liable to flooding. Marsh or swamp.
Source, fontaine. Puits, citerne. Château d'eau, réservoir
Spring, fountain. Well, cistern. Water tower, water tank.
Cours d'eau bordé d'arbres. Cascade. Barrage. Digue
Stream lined with trees. Cascade. Dam. Dike.
Canal navigable, d'alimentation. Écluse. Traction mécanique. Canal souterrain
Navigable canal, feeder. Lock. Mechanical towing. Underground canal.
15 m et plus. moins de 15 m
15 m or over. under 15 m
Aqueduc : au sol, élevé, souterrain
Aqueduct : surface, elevated, underground.
Sable et dune. Laisse des plus hautes mers
Sand and dune. High-water mark.
Estran : sable, vase, rocher
Foreshore : sand, mud, rock.
Courbes bathymétriques (tirées des cartes du S.H.O.M.)
Submarine contours (taken from the charts of the S.H.O.M.).
Phare. Feu. Bateau-feu. Épave
Lighthouse. Light. Lightship. Wreck.
Sémaphore. Balise. Bouée. Bouée lumineuse
Semaphore. Beacon. Buoy. Light buoy.
Bois de feuillus. Deciduous wood.
Bois de conifères. Coniferous wood.
Feuillus et conifères. Deciduous and coniferous.
Broussaille. Brushwood.
Verger, plantation. Orchard, plantation.
Vigne. Vine.
Rizière. Rice field.
Point géodésique
Triangulation station.
Église. Chapelle, oratoire. Calvaire, tombe, statue religieuse. Cimetière
Church. Chapel, oratory. Calvary, tomb, religious statue. Cemetery.
Tour isolée, donjon. Moulin à vent. Éolienne. Cheminée
Isolated tower, keep. Windmill. Wind pump. Chimney.
Tr
Tr
Chem.
Réservoir d'hydrocarbure, de gaz. Haut fourneau. Pylône. Carrière
Oil storage tank, gas-holder. Blast-furnace. Pylon. Quarry.
Entrée d'excavation souterraine : mine, cave, grotte, gouffre, aven...
Entrance to underground excavation : mine, cellar, cave, swallow-hole, sink-hole...
Mine
Cave
Grte
Gfre
Aven
Habitation troglodytique. Monument, stèle. Château. Ruines
Cliff dwelling. Monument, stele. Castle. Ruins.
Mon.
Monument mégalithique : dolmen, menhir. Point de vue. Camping
Megalithic monument : dolmen, menhir. View-point. Camping site.
Halle, hangar, serre. Fort. Casemate
Covered market, shed, glass-house. Fort. Pill-box.
Terrain de sport. Refuge. Tremplin de ski
Sports ground. Refuge. Ski jump.
Population en milliers d'habitants
Population in thousands.
183,2
0,4
0,15
0,06
Courbes de niveau, équidistance 10 m. Dépression
Contours at 10 m vertical interval. Depression.
Petite cuvette. Talus en terre, rocheux. Tas de cailloux
Small hollow. Earth slope, rock slope. Heap of stones.
Massif rocheux. Éboulis. Glacier : séracs, crevasses
Rocky highland. Scree. Glacier : séracs, crevasses.

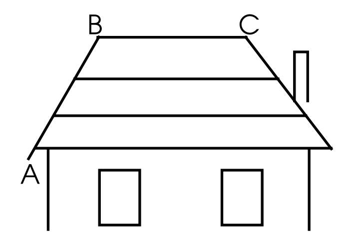


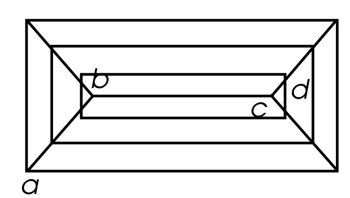
Scale - Échelle 1 : 50 000
1000 m
500
0
1
2
3
4
5 km
Yards 1 000
0
1 000
2 000
3 000
4 000
5 000 Yards
1 Mile
3/4
1/2
1/4
0
1
2
Miles 3

CHAPITRE 2

LES FORMES DU TERRAIN ET LEUR REPRÉSENTATION

On dessine un objet par des traits qui représentent les lignes suivant lesquelles se raccordent des surfaces planes ou courbes, qui lui donnent son aspect particulier.





Ainsi, on obtient l'image d'un cube par le dessin des arêtes que forment l'intersection des faces du cube visibles de l'observateur ; le toit d'une maison se dessine de même, en représentant ses arêtes, intersections des divers plans qui le composent.

Pour les figures plus compliquées, on trace les traits caractéristiques de ces figures et nous sommes si bien accoutumés à ce mode de représentation qu'à partir de ces seuls traits nous imaginons, sans effort, la forme et le relief des objets.

La représentation d'un toit par la projection verticale de lignes de niveau équidistantes donne une figure bien différente sur laquelle le tracé des arêtes aiderait toutefois à donner l'impression de relief.

De même, pour imaginer le relief du sol d'après la représentation qu'en fournit la carte, nous serons amenés à rechercher les traits caractéristiques du terrain : ses lignes caractéristiques.

1. LIGNES CARACTÉRISTIQUES DU TERRAIN

Le terrain se compose de facettes planes raccordées par des arrondis. Les arêtes formées par l'intersection des surfaces planes, supposées prolongées, sont *les lignes caractéristiques du terrain.*

On distingue :

– *les lignes de thalweg* (thal = vallée, weg = chemin) ;
– *les lignes de faîte* (ou de crête) ;
– *les lignes de changement de pente.*

11. Les lignes de thalweg

Les *lignes de thalweg* sont les lignes basses du relief. Elles sont formées par l'intersection de facettes qui se coupent vers le bas.

Les *thalwegs, lignes de réunion des eaux,* marquent le fond des vallées et sont en général suivis par les cours d'eau.

Lorsqu'on se déplace le long d'un thalweg, le terrain monte à droite et à gauche.

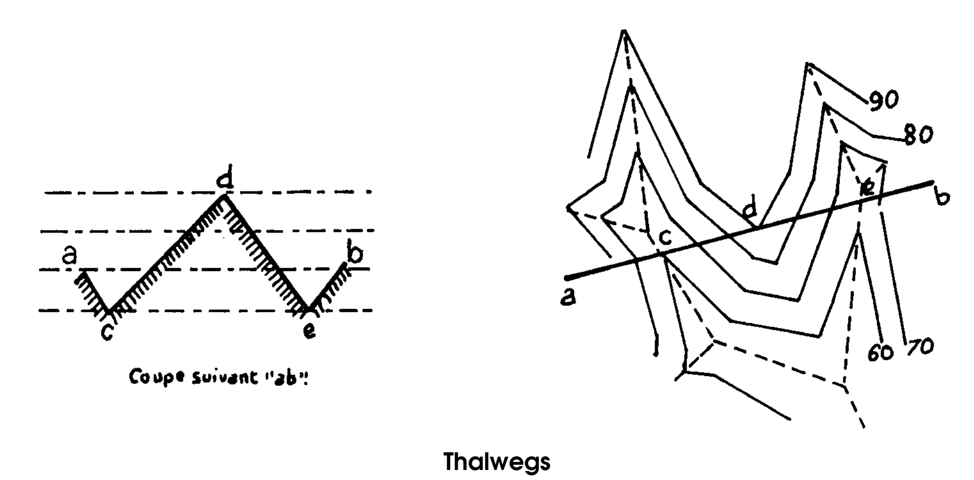
12. Les lignes de faîte

Ce sont les lignes hautes du relief. Elles sont formées par l'intersection de facettes qui se coupent vers le haut.

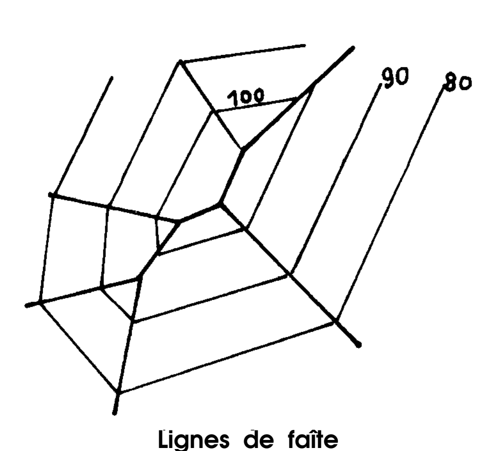
Les lignes de faîte sont des lignes de partage des eaux. Lorsqu'on suit une ligne de faite le terrain descend à droite et à gauche.

13. Les lignes de changement de pente

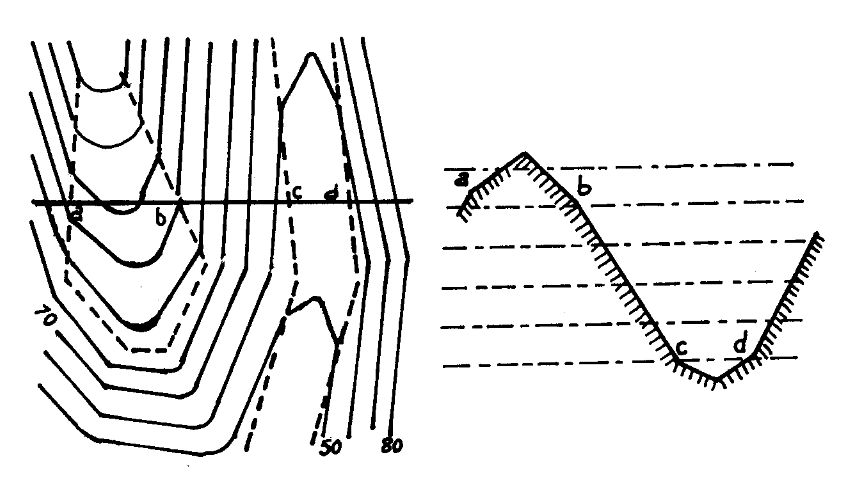
Intersection de facettes de pentes différentes telles que l'eau tombant sur l'une des facettes se rapproche de l'arête, tandis que sur l'autre elle s'en écarte. *Lorsqu'on suit une ligne de changement de pente le terrain monte plus d'un côté qu'il ne descend de l'autre ou vice versa.*



Thalwegs



Lignes de faîte



Lignes de changement de pente

Les lignes caractéristiques, sauf lorsqu'elles se confondent avec un détail de planimétrie (cours d'eau, barrière rocheuse) ne sont pas dessinées sur les cartes, mais il est indispensable de pouvoir en définir ou en imaginer le tracé, d'après le mode de représentation du relief, pour pouvoir se faire de celui-ci une idée exacte.

Les lignes caractéristiques sont marquées par un changement de direction des courbes de niveau. Pour des accidents de même importance, les sinuosités des courbes sont plus accusées pour des reliefs de pente faible, aux courbes espacées, que pour des reliefs aux pentes fortes, représentés par des courbes serrées.

2. CARACTÉRISTIQUES DU MODELÉ DU SOL

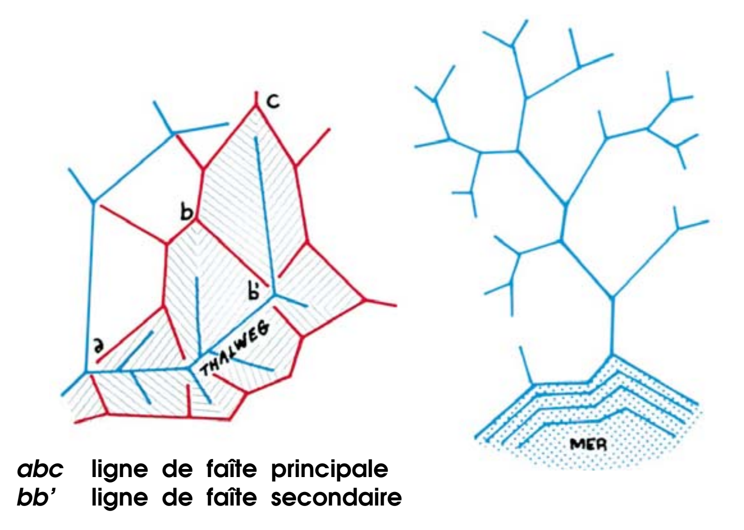
Le modelé du sol, dû en grande partie à la désagrégation des parties hautes du relief par les eaux de pluie ou par les eaux courantes, se caractérise principalement :

- par la continuité des pentes qui permet l'écoulement des eaux à la surface, sous l'action de la pesanteur, depuis un point quelconque du terrain jusqu'à la mer ;
- par l'absence de partie en surplomb.

En conséquence :

- l'ensemble des lignes de thalweg se présente sous forme de réseaux ramifiés dans lesquels tout thalweg aboutit à un autre thalweg ou à la mer. Il n'existe pas de thalweg isolé dans la nature. Les eaux suivent en chaque point le chemin qui descend ;
- la pente de chaque thalweg est continuellement décroissante depuis son point le plus élevé jusqu'à son embouchure.

Il existe toujours une ligne de faîte entre deux thalwegs ou dans l'angle formé par deux thalwegs. L'ensemble des lignes de faîte forme un réseau ramifié à partir du point le plus élevé de la région considérée. Ce réseau est distinct de celui des thalwegs qu'il encadre.



abc **ligne de faîte principale**
bb' **ligne de faîte secondaire**

Les lignes de thalweg et les lignes de faîte s'articulent à la manière des arêtes d'un toit : de chaque saillant formé par un changement de direction de ces lignes se détache un rameau ; de même, chaque rameau aboutit à un saillant de la ligne.

3. RECHERCHE DES LIGNES CARACTÉRISTIQUES

31. Thalwegs

Une partie des thalwegs est figurée sur la carte par les cours d'eau, détails importants de planimétrie, facilement reconnaissables.

Mais il existe de nombreuses vallées dans lesquelles il ne coule plus ou il ne coule que rarement un cours d'eau.

Dans ces vallées, le tracé des thalwegs se déduit du dessin des courbes de niveau.

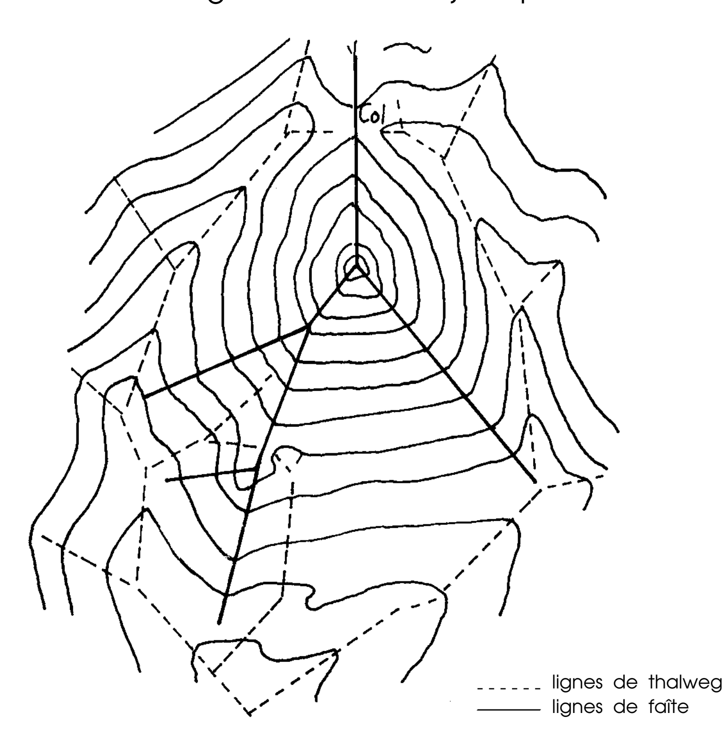
Les courbes de niveau changent de direction sur les thalwegs en dessinant de part et d'autre de ces lignes un « V » dont la pointe est dirigée vers l'amont.

311. Pour compléter les indications données par les cours d'eau :

- prolonger les thalwegs par une ligne passant par les angles (aux sommets dirigés vers l'amont), dessinés par les courbes de niveau successives. Arrêter le tracé à la courbe d'altitude la plus élevée traversée par les thalwegs ;
- décomposer le cours d'eau en éléments droits. Chaque saillant de la ligne brisée ainsi dessinée est l'aboutissement d'un thalweg secondaire, rechercher ces thalwegs, qui peuvent être nettement marqués, ou, au contraire, à peine indiqués par les courbes de niveau.

312. Le tracé des thalwegs d'une région permet de se faire une idée générale de la forme du relief :

- lorsqu'une portion de terrain est à peu près complètement encerclée par les thalwegs, cette portion forme une bosse appelée éperon, mamelon, côte, puy, etc., suivant sa forme, son importance ou sa situation. Ce mouvement est rattaché à la portion de terrain voisine par un col situé entre les extrémités amont, presque jointives, des deux thalwegs ;
- des thalwegs aux tracés parallèles découpent le terrain en bandes ou langues de terrain juxtaposées.



32. Lignes de faîte

Il existe toujours une ligne de faîte entre deux thalwegs ou dans les angles formés par les thalwegs. Les courbes de niveau changent de direction sur ces lignes qu'elles marquent par un coude dans le sens de la pente descendante.

Tandis qu'il est nécessaire de procéder à la recherche des thalwegs dans le détail, il suffit de mettre en place les lignes de faîte importantes pour se faire une idée de l'ossature du terrain.

La ligne de faîte principale d'un mamelon part du confluent le plus bas des thalwegs qui l'encerclent, passe par le sommet et rejoint le mouvement suivant en passant par le col, sans couper aucun thalweg.

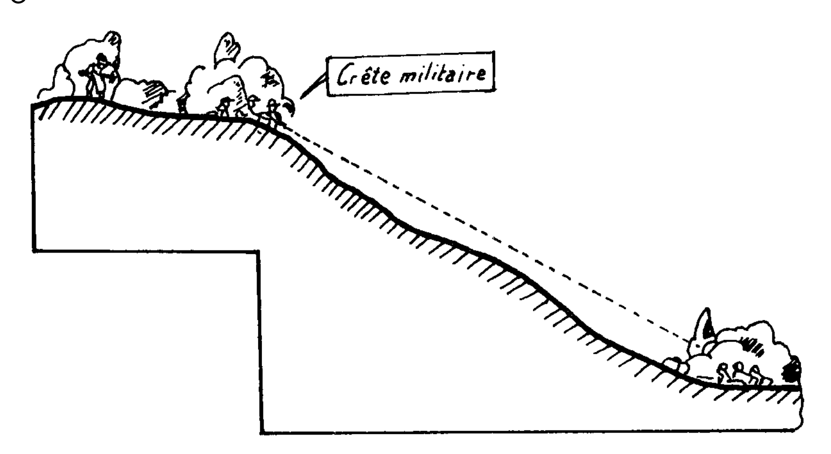
Les lignes de faîte importantes d'une langue de terrain sont celles qui aboutissent aux confluents des deux thalwegs parallèles avec le thalweg principal qui limite vers le bas cette bande de terrain.

33. Ligne de changement de pente Crête militaire

Les lignes de changement de pentes importantes sont :

– la crête militaire, ligne d'où la vue s'étend sur le fond de la vallée qu'elle domine ;
– les lignes de fin de pente qui, dans les vallées larges, limitent mieux que les thalwegs la zone où commencent les accidents du relief.

Les lignes de changement de pente sont marquées par un changement de l'intervalle des courbes de niveau.



CHAPITRE 3

UTILISATION DE LA CARTE

L'utilisation de la carte comporte :
- la lecture de la carte ;
- l'identification de la représentation au terrain ;
- les mesures.

1. LECTURE DE LA CARTE

La lecture de la carte exige :
- la connaissance des signes conventionnels ;
- l'utilisation du figuré du terrain.

Signes conventionnels. La connaissance des signes conventionnels, alphabet de la carte, s'acquiert par l'étude attentive du tableau de ces signes. Les cartes modernes portent souvent dans leur marge un extrait de ce tableau contenant les signes particuliers utilisés dans chaque feuille.

Figuré du terrain. L'œil s'habitue assez rapidement à reconnaître sur la carte la nature des différents mouvements élémentaires représentés.

La restitution des lignes caractéristiques étudiées ci-dessus permet de relier ces mouvements entre eux et de se faire une idée exacte de l'ensemble du relief.

2. IDENTIFICATION DE LA REPRÉSENTATION AU TERRAIN

Pour rechercher sur la carte la position des détails du terrain ou pour effectuer l'opération inverse, il est nécessaire :
- d'orienter la carte ;
- de déterminer le point de station ;
- de procéder à l'identification.

Ces trois opérations élémentaires sont menées simultanément et les résultats obtenus sont améliorés progressivement.

Une orientation, même approximative, permet une détermination approchée du point de station et d'identification de points nets du panorama. Ces éléments sont ensuite utilisés pour améliorer l'orientation, préciser la position du point de station, identifier les points plus difficiles à situer.

21. Orienter la carte

Orienter la carte, c'est amener les lignes de la carte à être parallèles (et de même sens) aux lignes correspondantes du terrain.

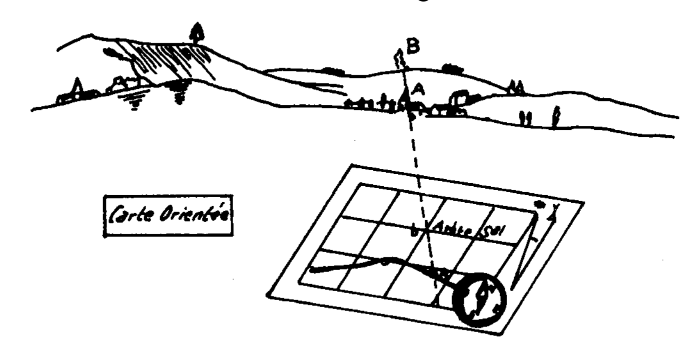
Pour réaliser ce parallélisme, il suffit de rendre une des lignes de la carte parallèle à la direction correspondante du terrain.

211. **Orientation à l'aide d'une droite de la planimétrie.**

Cette ligne de la carte peut être une ligne droite de la planimétrie (section assez longue de route droite sur laquelle on stationne, par exemple).

Ayant reconnu sur la carte la partie de route sur laquelle on se trouve, placer, à défaut d'appareil de visée plus précis, une règle ou un crayon contre cette ligne, puis faire tourner la carte pour viser l'extrémité la plus éloignée de la section droite de la route sur le terrain. (Attention ne pas se tromper de sens.)

212. **Orientation à l'aide d'un alignement.**



Cette ligne peut être aussi l'alignement de deux points du terrain identifiés avec certitude sur la carte (le sommet d'une montagne et le clocher d'un village que l'on voit sur le même alignement, par exemple).

Faire passer le biseau de la règle par les deux points de la carte et viser le point le plus éloigné.

Cette ligne peut être enfin un méridien ou un axe des Y du quadrillage.

La direction correspondant à cette ligne n'étant pas indiquée sur le terrain, on la définit au point de station :

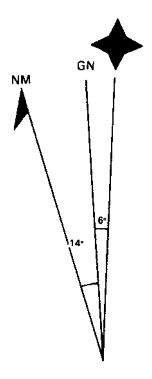
- soit par rapport à la direction du nord magnétique donnée par l'aiguille aimantée d'une boussole en tenant compte de la déclinaison (voir ci-dessous) ;
- soit par rapport à la direction d'un astre, soleil ou étoile, directement ou à l'aide d'une montre, mais ce procédé est approximatif.

213. **Orientation à l'aide de la boussole** (1).

Une figure portée en marge de chaque carte donne la position du nord magnétique par rapport à celles du nord du quadrillage et du nord géographique et les indications concernant les variations de la déclinaison.

L'angle que fait *la direction du **nord magnétique** :*

- *avec la direction du **nord géographique*** s'appelle ***déclinaison magnétique ;***
- *avec la direction du **nord du quadrillage de la carte*** est appelé ***déclinaison.***



(1) Voir chapitre 7 ci-après : « La boussole ».

Le nord géographique est représenté par ✦, le nord magnétique par NM et le nord du quadrillage de la carte par *GN* (Gridnorth).

a) Si la détermination graphique de la direction du nord magnétique n'est pas expliquée sur la carte même, tracer en un point quelconque de celle-ci une direction faisant avec l'axe des Y du quadrillage un angle égal à la déclinaison calculée grâce aux indications portées en marge.

b) Placer la boussole sur la carte comme il est indiqué au chapitre 7.

c) Faire tourner la carte jusqu'à ce que la position de l'aiguille (boussole modèle 22) ou de la rose (modèle F 1) soit comme indiquée au même chapitre.

La carte est alors orientée.

Remarque. – La même opération peut s'effectuer à partir d'un méridien en traçant sur la carte une droite faisant avec le méridien un angle égal cette fois à la déclinaison magnétique.

On peut encore :

– afficher la valeur de la graduation de la déclinaison sur la boussole ;
– placer celle-ci sur la carte parallèlement à l'axe des Y ;
– tourner la carte jusqu'à ce que la pointe de l'aiguille aimantée soit en face de la graduation de déclinaison.

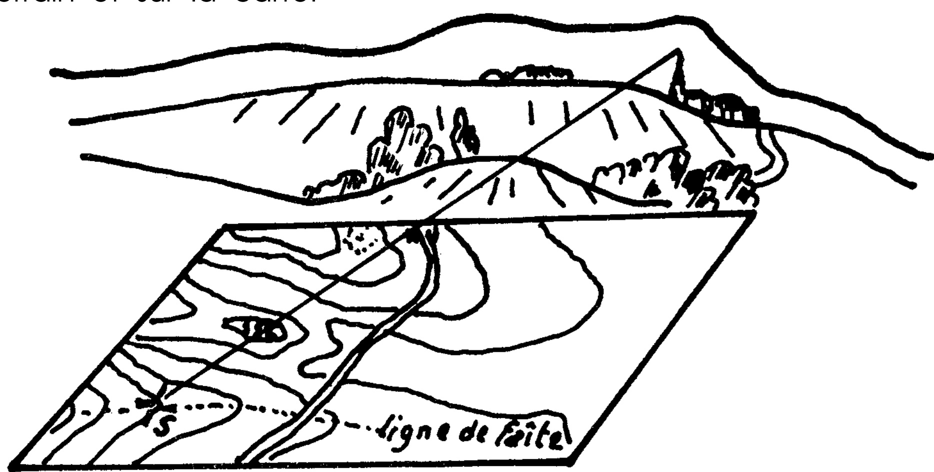
22. Procédés rapides de détermination du point de station

On détermine le plus souvent le point de station en suivant attentivement l'itinéraire sur la carte, approximativement orientée, pendant le déplacement sur le terrain.

Vérifier et améliorer cette détermination en comparant au point de station l'aspect des détails du terrain environnant et la représentation qui en est donnée par la carte.

Ce procédé est le meilleur lorsqu'on veut, au cours d'une marche, suivre un itinéraire fixé d'avance, car il permet de savoir à chaque instant où l'on se trouve et d'éviter des erreurs.

On utilise aussi très souvent pour « faire le point » des alignements de détails nettement marqués et bien identifiés sur le terrain et sur la carte.



Exemple : le point de station se trouve sur une crête d'où l'on voit sur un même alignement un clocher et le sommet d'un mamelon.

Ayant repéré ces deux détails sur la carte, tracer la direction sommet-clocher.

Le point de station se trouve à l'intersection de cette droite avec la ligne de faîte passant par la crête.

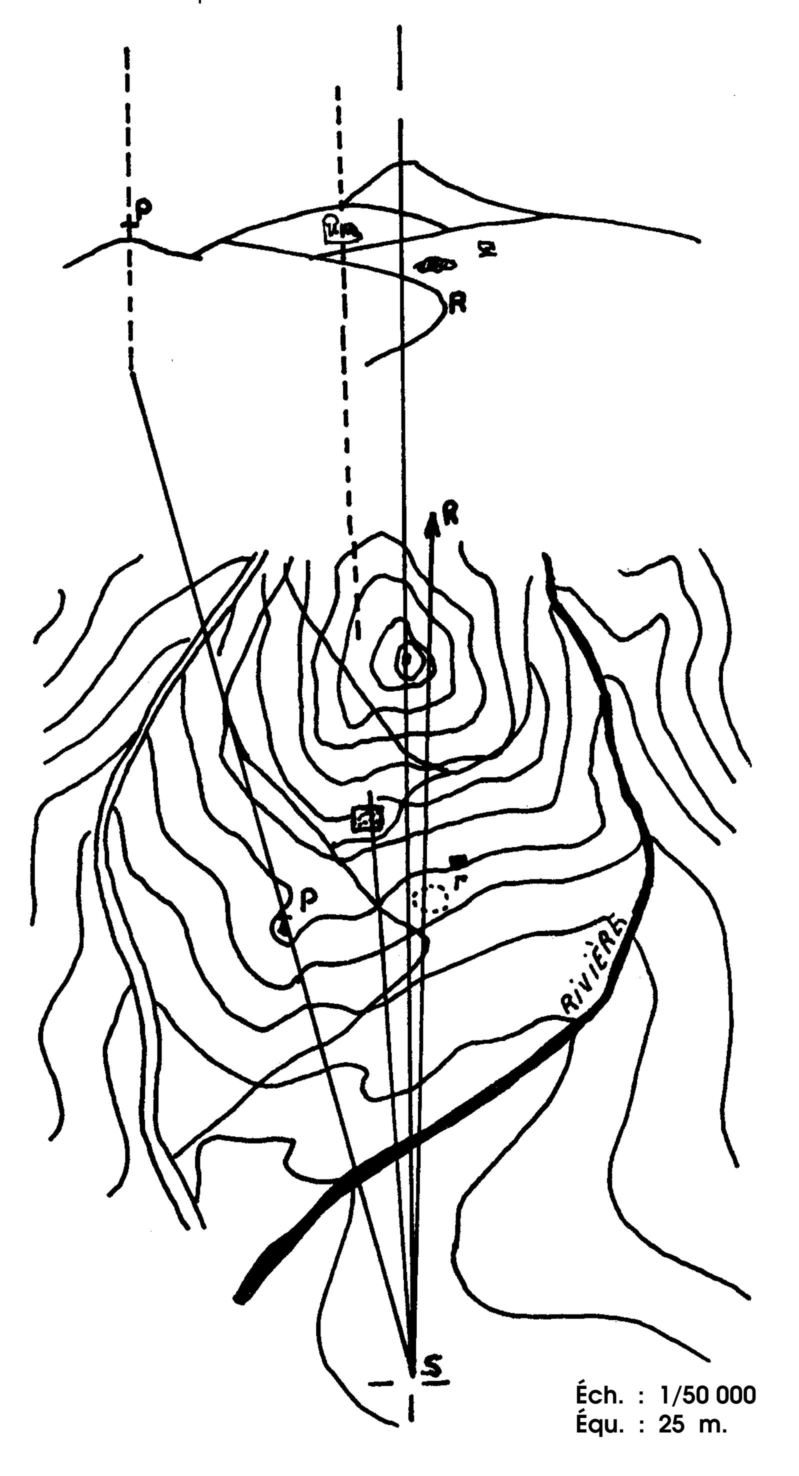
Cet exemple montre que l'on doit utiliser non seulement des alignements de détails de planimétrie mais aussi des détails de figuré du terrain.

23. Identification des détails

231. **Définir sur la carte la position d'un point observé.**

Le point de station étant déterminé et représenté en S sur la carte :

- se placer face au point à identifier P ;
- orienter la carte ;
- tracer sur la carte la direction passant par le point S et le point P du terrain ;
- identifier sur cette direction, en commençant par les plus rapprochés ou les plus commodes, les détails de planimétrie et de figuré du terrain pour aboutir à encadrer la position du point observé entre plusieurs détails voisins, sûrs et bien indiqués sur la carte.



232. **Définir sur le terrain la position d'un point représenté sur la carte en S.**

Le point de station étant déterminé et figuré sur la carte en S :

- tracer la direction SR ;
- orienter la carte ;
- en s'aidant d'une règle ou d'un instrument de visée placé suivant SR, définir la trace de cette direction sur le terrain ;
- identifier suivant cette direction les détails indiqués par la carte pour aboutir à situer sur le terrain le point représenté.

Remarques. – Il n'existe pas de point du terrain d'où 1'on peut examiner tous les détails représentés par la carte : ceux-ci peuvent, en effet, être masqués par la végétation, les constructions et surtout par les mouvements du terrain.

La délimitation sur la carte des zones vues d'un point d'observation s'effectue de proche en proche par identification des détails situés sur les limites de ces zones.

On s'oriente sur des directions définies *par des points ÉLOIGNÉS*
On détermine un point par rapport aux points communs
les plus PROCHES de ce point

Une carte chiffonnée ne permet pas de mesures précises
Pliez vos cartes avec soin
et transportez-les dans un PORTE-CARTES

CHAPITRE 4

MESURES SUR LA CARTE

Les mesures sur la carte permettent de déterminer :
– les coordonnées d'un point ;
– la distance entre deux points ;
– l'altitude d'un point ;
– l'angle entre deux directions.

1. COORDONNÉES D'UN POINT

11. Mesurer les coordonnées d'un point P sur une carte (exemple : au 1/25 000)

111. Prendre les coordonnées indiquées par le numérotage kilométrique du coin sud-ouest du carreau A dans lequel se trouve le point P :

x_A = 10 km y_A= 97 km

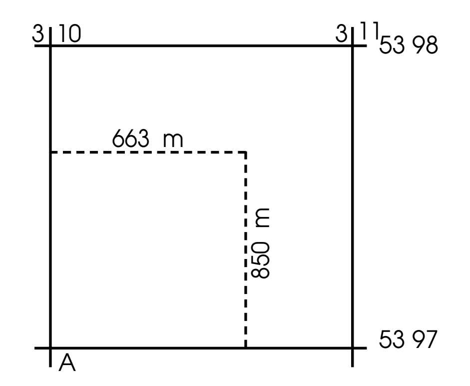
112. En plaçant le biseau d'un double-décimètre parallèlement aux axes des *x*, mesurer la longueur qui sépare le point P de l'axe des *y* passant par le point de carreau A : soit 26,5 mm et transformer cette longueur en distance :

$$25 \times 26{,}5 = 663 \text{ m}$$

Ajouter à cette valeur à x_A ; on obtient, en mètres, l'abscisse du point P : x_P = 10 663

113. En plaçant le double-décimètre parallèlement aux axes des *y*, mesurer la longueur qui sépare P de l'axe des *x* passant par A, soit 34 mm. Cette longueur correspond à une distance de :

$$25 \times 34 = 350 \text{ m}$$



Cette valeur ajoutée à y_A donne, en mètres, l'ordonnée du point P : y_P = 97 850

Les coordonnées du point P sont alors énoncées dans l'ordre :

x_P = 10 663
y_P = 97 850

114. *Coordonnées hectométriques.* Pour indiquer d'une manière approchée les coordonnées d'un point, on utilise des matricules à 6 chiffres qui portent le nom de coordonnées hectométriques.

Le matricule à 6 chiffres comprend : le chiffre des dizaines de kilomètres, celui des kilomètres et celui des hectomètres.

Pour le même point P le matricule à 6 chiffres est : 107 978 (1).

12. Report d'un point par ses coordonnées

Soit à reporter à l'échelle du 1/50 000 le point P de coordonnées : x = 10 300
y = 97 880

Ce point se trouve dans le carreau dont l'angle inférieur gauche a pour coordonnées :

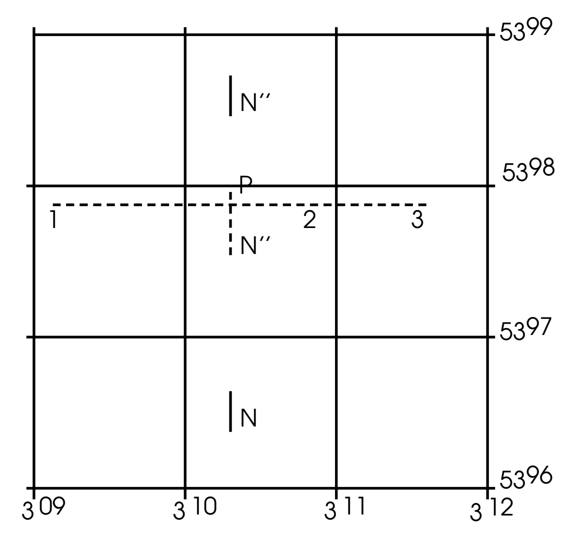
x = 10 km
y = 97 km

Les appoints sont :

– en abscisse, 300 m, soit à l'échelle : 6 mm ;
– en ordonnée, 880 m, soit à l'échelle : 17,5 mm.

Le double-décimètre étant placé parallèlement aux axes des x, la division 0 sur l'axe des y numéroté 310 :

– marquer avec un crayon dur, finement taillé, à 6 mm de cet axe, plusieurs points N, N′, N′′ dont deux situés de part et d'autre du carreau contenant le point P ;
– vérifier que les trois points obtenus sont rigoureusement en ligne droite et tracer finement, de cette droite, un élément de 1 cm de longueur environ dans la zone où l'on estime que doit se trouver le point. Cet élément de ligne représente l'axe des y passant par 310 300 m.



En plaçant le double-décimètre parallèlement à l'axe des y, on trace d'une manière analogue l'élément de l'axe des x passant par 539 7880.

Le point P est figuré par l'intersection de ces deux lignes ; il se trouve suffisamment bien matérialisé et on ne doit pas chercher à le mieux marquer en le pointant au crayon.

Pour permettre de le retrouver plus facilement, on épaissit seulement, avec un crayon tendre, les extrémités des éléments d'axes.

(1) Voir renvoi page 14.

2. MESURE DE LA DISTANCE ENTRE DEUX POINTS DE LA CARTE

Soient *a* et *b* deux points d'une carte au 1/50 000 :

– placer le biseau d'un double-décimètre (ou d'une règle graduée) suivant *ab,* amener la graduation zéro du double-décimètre en coïncidence avec le point *a,* l'œil se trouvant à l'aplomb de ce point ;
– lire, en face du point *b,* la graduation (estimée au 1/10 mm, s'il y a lieu) qui donne la mesure de la longueur *ab :* soit 48,5 mm ;
– transformer cette longueur en distance du terrain à l'échelle du 1/50 000 (1 mm vaut 50 m) :

$$50 \text{ m} \times 48{,}5 = 2\,425 \text{ m}$$

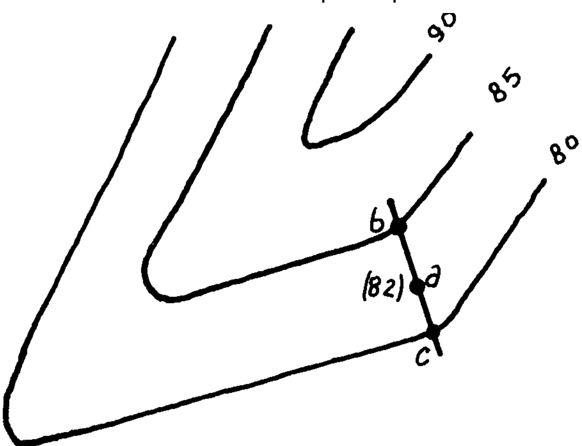
La distance horizontale entre les deux points *a* et *b* du terrain est : 2 425 m.

3. DÉFINITION DE L'ALTITUDE D'UN POINT

Sur une carte en courbes la désignation de l'altitude d'un point est immédiate lorsque le point est situé sur une courbe de niveau. Un peu d'attention suffit pour déduire l'altitude de la courbe, si elle n'est pas cotée, de celle d'une courbe cotée ou d'un point coté, en tenant compte de l'équidistance.

Lorsque ce point *a,* par exemple, est situé entre deux courbes de niveau :

– tracer par le point *a* la droite la plus courte *bc,* et entre les deux courbes, et mesurer la longueur de cette droite : soit cette longueur ;
– mesurer suivant la droite tracée la longueur / qui sépare le point *a* de la courbe la plus proche.



On obtient la différence d'altitude du point *a* avec cette courbe par une règle de trois.

Exemple : l'équidistance des courbes est de 5 m, la longueur *d* est de 14 mm, la longueur / est de 5,6 mm. On raisonne ainsi :

– à 14 mm correspond une différence de niveau de 5 m ;
– à 1 mm correspond une différence de niveau de $\frac{5}{14}$;
– à 5,6 mm correspond une différence de niveau de $\frac{5 \times 5{,}6}{14} = 2$ m.

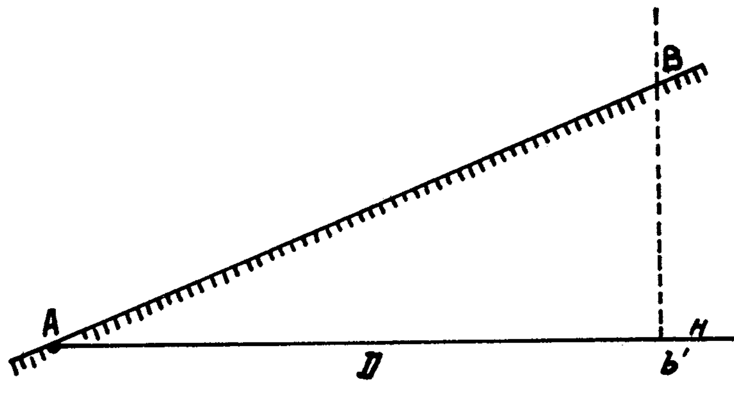
4. MESURE D'UNE PENTE

41. Pente d'une ligne

La pente d'une ligne AB est le rapport de la différence d'altitude de deux points de cette ligne à la distance horizontale qui sépare ces deux points sur le terrain.

Elle est, en général, exprimée en *tant pour cent.*

Si *b'* est la projection de B sur l'horizontale AH :



$$\text{la pente de AB} = -\ \frac{Bb'}{D}$$

B*b'* étant la différence d'altitude entre A et B, D la distance horizontale des deux points A et B.

La pente de AB est ascendante dans le cas de figure envisagé, la ligne AB étant au-dessus de AH.

Si nous considérons la pente dans le sens BA, elle a la même valeur absolue, mais elle est descendante ; on affecte dans ce cas cette valeur du signe – :

$$\text{la pente de AB} = \frac{Bb'}{D}$$

Exemple : soit à mesurer la pente entre deux points A et B situés à 450 m de distance, l'altitude de A étant 310 m, celle de B, 490 m.

$$\text{On a : pente de AB} = \frac{490 - 310}{450} = \frac{180}{450} = 0{,}40 \text{ ou } 40\,\%$$

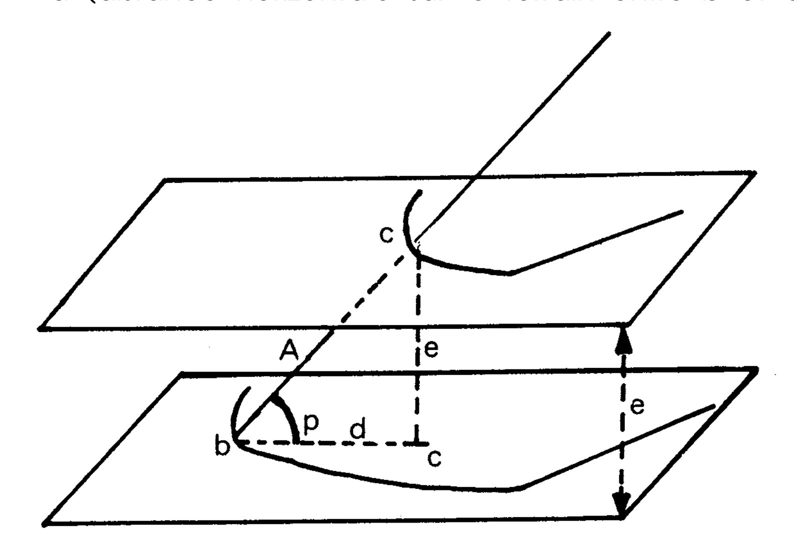
Cela signifie que pour une distance horizontale de 100 m le terrain monte de 40 m.

42. Pente du terrain en un point

La pente du terrain en un point A s'obtient en évaluant la pente de la ligne *bc* perpendiculaire aux courbes de niveau en ce point.

La pente de cette ligne (voir croquis ci-dessous) est égale à :

$$\frac{e \text{ (équidistance)}}{d \text{ (distance horizontale sur le terrain entre } b \text{ et } c\text{)}}$$



Si, sur une carte au 1/50 000 (où l'équidistance est de 10 m) l'intervalle entre deux courbes consécutives est sur la carte de 4 mm, la pente du terrain entre ces deux courbes est égale à :

$$\frac{e}{d} = \frac{10}{4 \times 50} = \frac{10}{200} = \frac{5}{100} \text{ ou } 5\,\%$$

5. MESURE DES ANGLES ET DES DIRECTIONS

51. Unités d'angle

L'unité légale de mesure d'angle est l'angle droit. Les sous-unités admises sont :

1) *Le degré* (^{0}) qui est la *1/90 partie de l'angle droit.* Un angle droit vaut 90^0 ;

2) *Le grade (gr)* qui est la *1/100 partie de l'angle droit.* Un angle droit vaut 100 gr ;

3) *Le millième* (µ) qui est la *1/1 600 partie de l'angle droit.* Un angle droit vaut 1 600 µ.

Les sous-multiples du degré sont :

1) La minute sexagésimale (1/60 degré) que l'on désigne par un accent aigu (′) : 1^0 = 60′ ;

2) La seconde sexagésimale (1/60 de minute) que l'on désigne par deux accents aigus (″) : 1' = 60″.

Les sous-multiples du grade sont :

1) Le décigrade (dgr) qui vaut la 1/10 partie du grade : 1 gr = 10 dgr ;

2) Le centigrade (désigné par un accent grave) qui vaut la 1/100 partie du grade : 1 gr = 100′.

Le millième (µ) *n'a pas de sous-multiples ;* cette sous-unité est commode car 1 millième est à peu de chose près l'angle sous lequel on voit 1 m à 1 000 m.

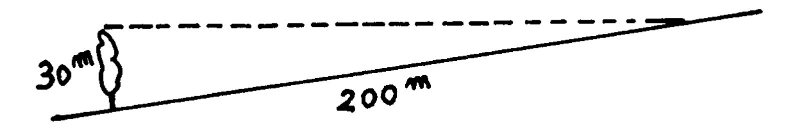
La formule du millième peut donc s'inscrire :

$$n \text{ (millièmes)} = \frac{d \text{ (mètres)}}{\text{D (kilomètres)}}$$ [1]

Cette formule permet, lorsque l'on connaît deux termes, de déterminer le troisième.

Elle offre donc un triple intérêt en permettant de calculer facilement :

- soit un écart angulaire ;
- soit une distance ;
- soit une dimension.



Exemple : un arbre de 30 m de haut est vu à 200 m sous un angle de $\frac{30}{0,2}$ = 150 µ environ.

(1) Voir en fin de chapitre un procédé pratique d'utilisation de la formule du millième.

52. Relations entre les différentes unités d'angle

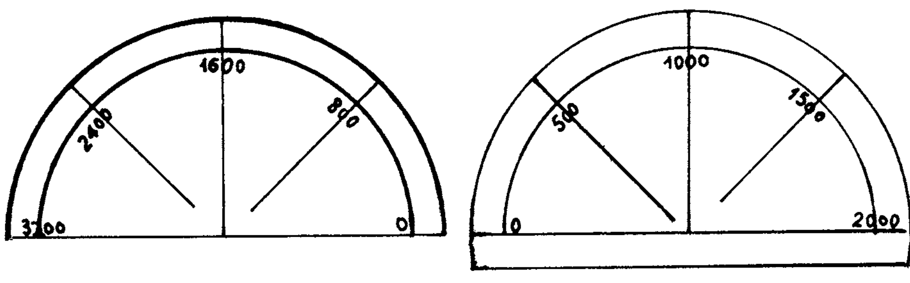
1^0	= 1 gr 11	= 17,78 μ
1′ (sex)	= 1 85	= 0,30 μ
1 gr	= $0^054'$	= 16 μ
1 dgr	= 5′4	= 1,6 μ
1 μ	= 3′22″	= 0,625 dgr

53. Rapporteurs

L'angle formé par deux lignes droites d'une carte se mesure à l'aide d'un rapporteur.

Les rapporteurs sont constitués généralement par un demi-cercle en matière transparente, ou en métal, divisé en une quelconque des unités d'angle.

Le zéro de la division se trouve à une extrémité du diamètre (qui ne peut pas être confondu avec le bord de l'appareil).



Rapporteur gradué en sens inverse des gisements

Rapporteur gradué dans le sens des gisements

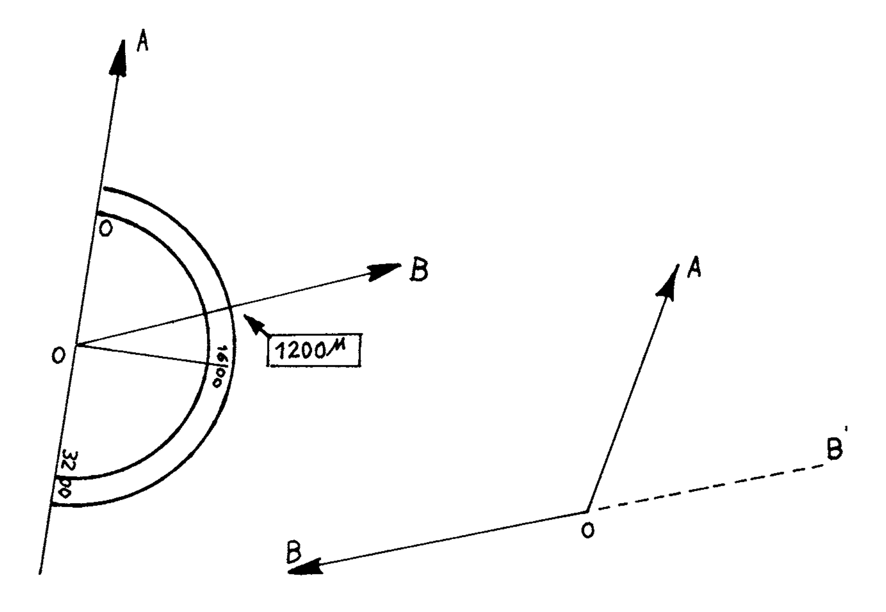
Les rapporteurs sont gradués, soit dans le sens des aiguilles d'une montre (sens des gisements), soit en sens inverse ; ils donnent des mesures d'autant plus précises que leur rayon est plus grand.

54. Mesure de l'angle entre deux directions

L'angle que fait la direction OB avec la direction AO se compte dans le sens des gisements à partir de la direction OA.

Lorsque cet angle est plus petit que deux droits :

- faire coïncider le centre du rapporteur avec le sommet et la graduation zéro avec l'une des deux directions ;
- lire en face de l'autre direction la graduation qui donne l'angle cherché.



Lorsque cet angle est plus grand que deux droits : mesurer comme il vient d'être dit l'angle que fait OB' prolongement de BO, avec OA et ajouter deux droits à la valeur trouvée.

55. Mesure d'un gisement

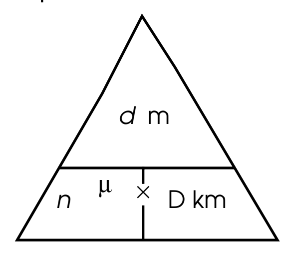
Soit à mesurer le gisement d'une ligne BB' de la carte. Le problème est le même que le précédent, la direction OA étant la direction des *y* croissants, et le point O étant l'intersection de la droite BB', dont on cherche le gisement, avec l'un quelconque des axes des *y* du quadrillage.

PROCÉDÉ PRATIQUE D'UTILISATION DE LA FORMULE DU MILLIÈME

L'utilisation de la formule du millième consiste toujours à trouver un des termes (*n*, *d*, D) *quand les deux autres sont connus.*

Pour ce faire, le moyen pratique décrit ci-dessous peut être employé :

– inscrire la formule du millième dans un triangle équilatéral, divisé en trois parties, comme ci-contre ;

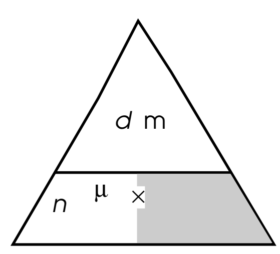


La barre de fraction indique que l'on doit effectuer une division $\left(\frac{x}{y} = x : y\right)$.

– l'opération à effectuer est celle qui apparaît lorsque l'on cache le terme recherché.

Ex. : à quelle distance se trouve un VAB vu en hauteur sous un angle égal à environ 3 μ ?

Nous cachons le D et nous remplaçons *d* et *n* par leur valeur (nous savons que la hauteur d'un VAB est égale à 2,060 m, donc approximativement à 2 m).



Nous voyons que pour avoir la distance D il faut diviser *d* par *n*, soit 2 par 3.

Donc : $D = \frac{2}{3} = 0{,}666 \text{ km} \simeq 0{,}670 \text{ km}$.

Nota. – N'oublions pas que la distance D est toujours exprimée en kilomètre.

CHAPITRE 5

MESURES SUR LE TERRAIN

Les données de la carte sont souvent complétées par des mesures faites sur le terrain.

Ces opérations comprennent :

- *des mesures de distances ;*
- *des mesures d'écarts angulaires ou angles horizontaux ;*
- *des mesures de pente.*

1. MESURE DES DISTANCES

11. Mesure au double pas

La mesure au double pas nécessite l'étalonnage de ce pas.

À cet effet, il est nécessaire d'effectuer une distance connue (100 m par exemple) en la parcourant plusieurs fois à une allure normale.

Si l'on obtient 63 doubles pas pour une distance de 100 m, pour 117 doubles pas séparant deux points A et B, la distance sera de : $\frac{117 \times 100}{63} = 186$ m

L'erreur possible dans cette forme de mesure est environ de 2 % de la distance, en terrain plat de parcours commode.

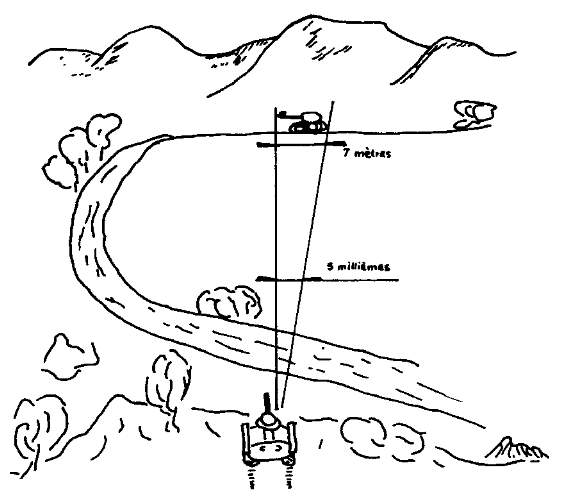
12. Le chaînage

Il s'effectue au moyen d'un double-décamètre ou d'un ruban métallique étalonné.

Les portées successives étant limitées par des fiches métalliques, le chaîneur, en les relevant, peut compter le nombre de ces portées.

13. Application de la formule du millième

Soit un engin blindé identifié sur le carnet de silhouettes dont la longueur *l* est de 7 m.



Si l'on voit ce char sous un angle n de 5 μ, par exemple, sa distance D évaluée en kilomètres se calculera en utilisant la formule suivante :

$$D \text{ km} = \frac{l \text{ m}}{n \ \mu}$$

soit : $D = \frac{7}{5} = 1{,}400$ km

Il est rappelé, enfin, que les distances moyennes et longues peuvent être mesurées à l'aide d'un **télémètre.**

2. MESURE DES ÉCARTS ANGULAIRES

Les écarts angulaires se mesurent dans l'une quelconque des unités d'angles (degrés, grades ou millièmes). Les instruments et procédés utilisés sont les suivants.

21 Les jumelles à prismes (1)

Pour mesurer un écart angulaire, on utilise la graduation en millièmes ou en décigrades du micromètre. On procède par addition, si le front à mesurer dépasse le champ de l'échelle micrométrique. On peut également utiliser le procédé suivant :

Un œil observe directement le terrain, l'autre est appliqué à l'oculaire des jumelles qui contient le micromètre. Superposer mentalement les deux images et lire l'écart angulaire apparent entre les points considérés. L'écart réel est égal à l'écart apparent multiplié par le grossissement des jumelles.

Exemple : Grossissement 8 ;
Écart apparent : 27 μ ;
Écart réel : $27 \times 8 = 216$ μ.

22. La boussole

Cf. chapitre 7, ci-après.

23. La main étalonnée

Dans certains cas, il peut être commode d'utiliser un procédé approximatif mais rapide. La mesure d'écarts angulaires peut être faite à l'aide de la **main étalonnée.**

Les valeurs moyennes de la main, **bras tendu,** sont :

- le poing : 130 à 170 μ ;
- le pouce : 40 μ ;
- un autre doigt : 30 μ.

Chacun doit avoir étalonné très soigneusement sa main.

3. MESURE DES PENTES SITE

Étant donné deux points A et B, on appelle angle de pente de AB ou site de B par rapport à A, l'angle S que fait la ligne AB avec le plan horizontal.

(1) Voir section II, chapitre 1 ci-après.

Si B est au-dessus du plan horizontal de A, cet angle est affecté du *signe* +. *Si B est au-dessous* de ce plan, S est affecté du *signe* –.

Le site de BA est égal au site de AB changé de signe.

Le site est généralement mesuré en millièmes. L'utilisation de cette unité d'angles permet, le cas échéant, d'obtenir la valeur de la pente [1] en tant pour cent :

$$10\ \mu = \frac{1}{100}$$

Les instruments destinés à la mesure des sites (éclimètres, sitomètres) sont munis d'un niveau qui permet de matérialiser le plan horizontal passant par le point de station.

En amenant soigneusement la bulle du niveau entre ses repères, immédiatement avant la mesure, on peut lire le site sur une graduation contenue dans un plan vertical.

(1) Voir page 32.

CHAPITRE 6

LA CARTE ROUTIÈRE

La carte routière est généralement au 1/200 000. Il en existe de plusieurs modèles. Le plus répandu est la carte Michelin.

Elle a été établie d'après les levers topographiques de l'Institut géographique national.

Destinée à ceux qui effectuent des déplacements routiers, elle est, en raison de l'échelle employée et de l'importance donnée volontairement à certains détails de la planimétrie, moins précise que certaines autres cartes.

Il faut donc éviter de l'employer pour les travaux topographiques et ne l'utiliser que comme carte routière.

D'une lecture à la fois commode et rapide, cette carte convient parfaitement à tous les déplacements d'unités ou d'éléments motorisés, à l'exclusion de tous autres travaux militaires pour lesquels les cartes à grande échelle sont plus complètes et plus précises.

1. SIGNES CONVENTIONNELS

Les signes conventionnels utilisés sont peu différents de ceux utilisés habituellement, mais sont considérablement grossis.

Ils figurent en tête de chaque feuille, rassemblés sous forme de « légende ».

Ils concernent :

- les routes et chemins ;
- les voies ferrées ;
- les localités ;
- divers renseignements sur la viabilité des voies de communication et l'aspect touristique de la région.

2. FIGURÉ DU TERRAIN

Le relief ne figure pas sur cette carte à l'exclusion des derniers tirages de la carte Michelin qui comportent une représentation schématique des mouvements de terrain d'une certaine importance,

En outre, certains signes particuliers > ≫ ⋙ ⋘ ≪ < figurent sur les principaux axes routiers et permettent de se faire une idée approximative du profil de la route (sens et valeur de la pente).

3. RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

31. Quadrillage

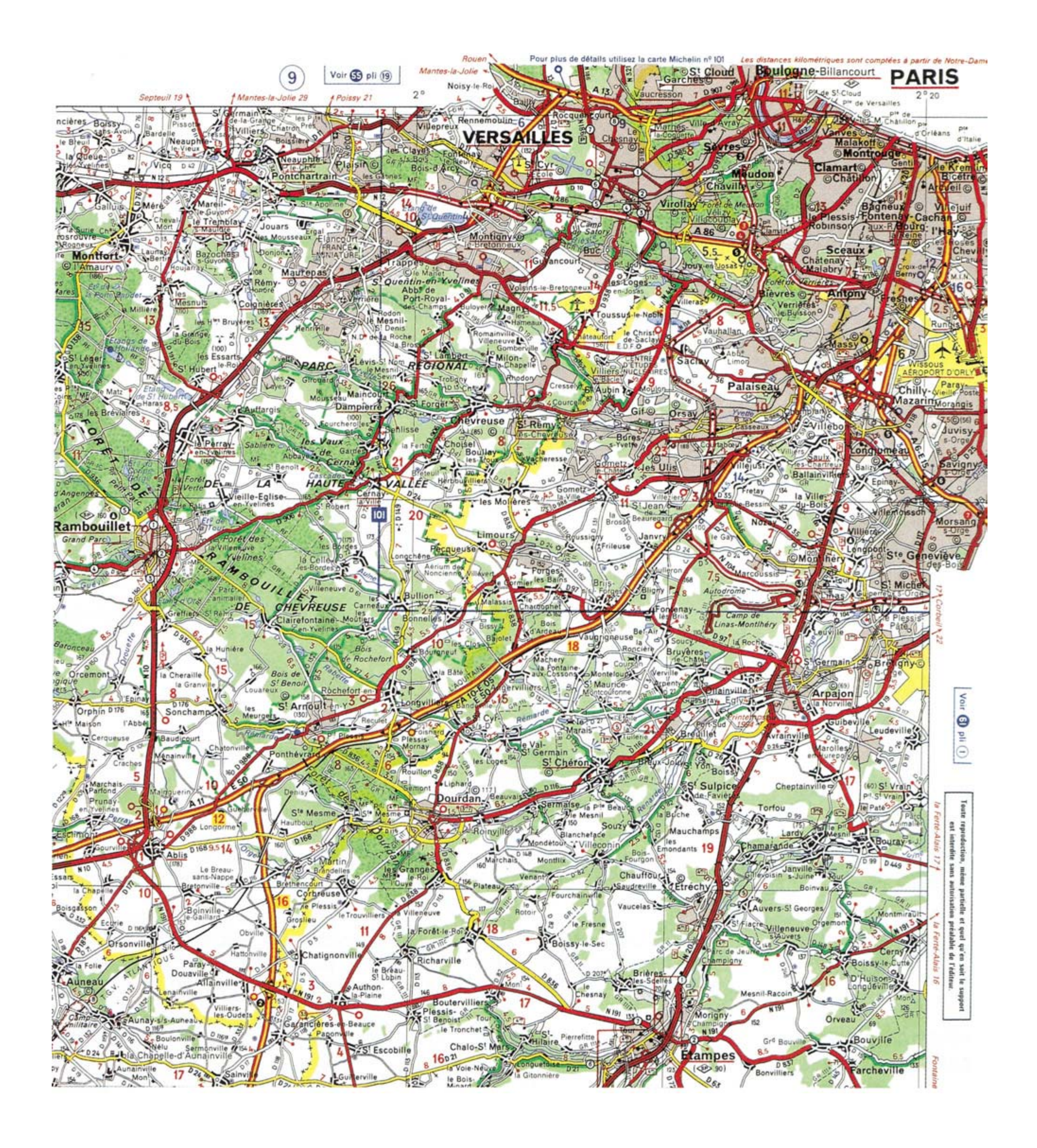
Cette carte porte un quadrillage géographique : méridiens et parallèles sont tracés toutes les 20′ centésimales.

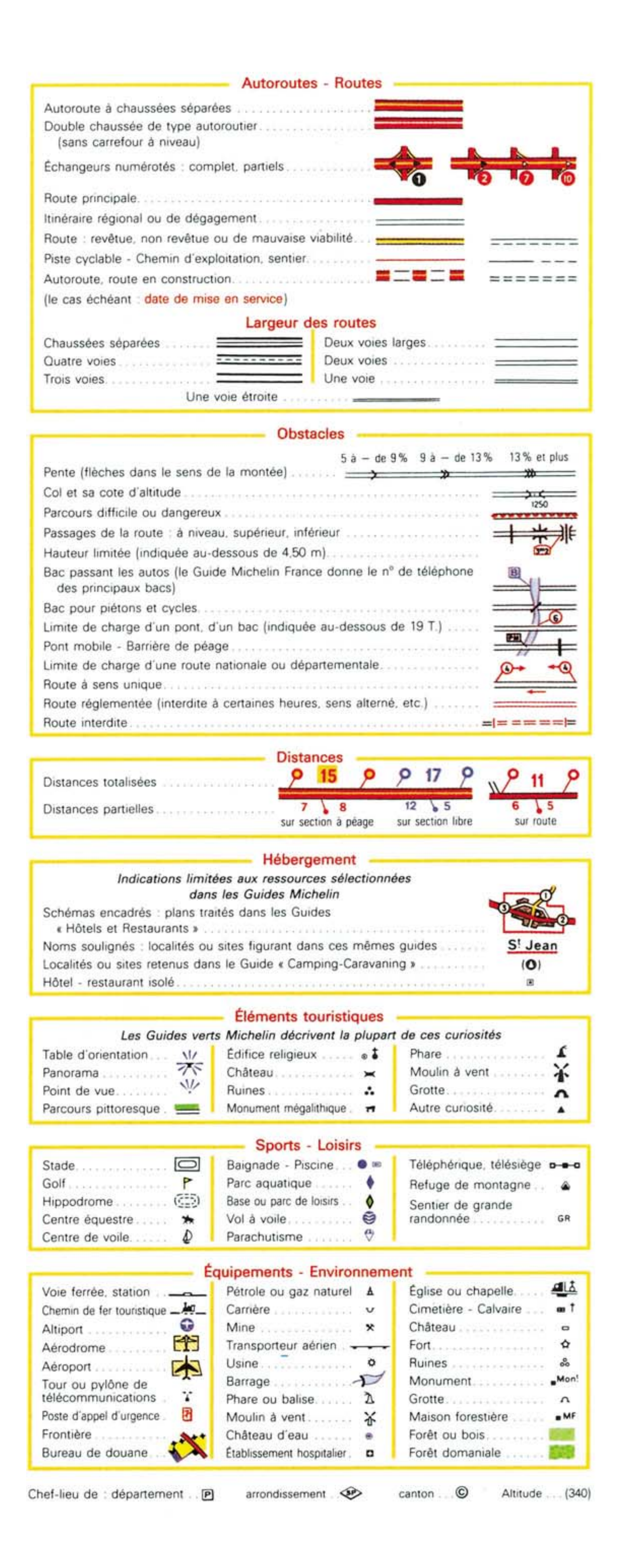
Il est donc possible de déterminer approximativement la longitude et la latitude d'un point.

32. Orientation

L'orientation peut être obtenue :

– soit à l'aide de direction ou de points connus (alignement) ;
– soit approximativement à l'aide du Soleil et d'un méridien ;
– soit avec une boussole, si l'on connaît la valeur de la déclinaison magnétique dans la région.




Autoroutes - Routes
Autoroute à chaussées séparées
Double chaussée de type autoroutier (sans carrefour à niveau)
Échangeurs numérotés : complet, partiels
Route principale
Itinéraire régional ou de dégagement
Route : revêtue, non revêtue ou de mauvaise viabilité
Piste cyclable - Chemin d'exploitation, sentier
Autoroute, route en construction
(le cas échéant : date de mise en service)
Largeur des routes
Chaussées séparées
Quatre voies
Trois voies
Deux voies larges
Deux voies
Une voie
Une voie étroite
Obstacles
5 à – de 9 %
9 à – de 13 %
13 % et plus
Pente (flèches dans le sens de la montée)
Col et sa cote d'altitude
1250
Parcours difficile ou dangereux
Passages de la route : à niveau, supérieur, inférieur
Hauteur limitée (indiquée au-dessous de 4,50 m)
Bac passant les autos (le Guide Michelin France donne le n° de téléphone des principaux bacs)
Bac pour piétons et cycles
Limite de charge d'un pont, d'un bac (indiquée au-dessous de 19 T.)
Pont mobile - Barrière de péage
Limite de charge d'une route nationale ou départementale
Route à sens unique
Route réglementée (interdite à certaines heures, sens alterné, etc.)
Route interdite
Distances
Distances totalisées
Distances partielles
15
17
11
7
8
12
5
6
5
sur section à péage
sur section libre
sur route
Hébergement
Indications limitées aux ressources sélectionnées dans les Guides Michelin
Schémas encadrés : plans traités dans les Guides « Hôtels et Restaurants »
Noms soulignés : localités ou sites figurant dans ces mêmes guides
St Jean
Localités ou sites retenus dans le Guide « Camping-Caravaning »
Hôtel - restaurant isolé
Éléments touristiques
Les Guides verts Michelin décrivent la plupart de ces curiosités
Table d'orientation
Panorama
Point de vue
Parcours pittoresque
Édifice religieux
Château
Ruines
Monument mégalithique
Phare
Moulin à vent
Grotte
Autre curiosité
Sports - Loisirs
Stade
Golf
Hippodrome
Centre équestre
Centre de voile
Baignade - Piscine
Parc aquatique
Base ou parc de loisirs
Vol à voile
Parachutisme
Téléphérique, télésiège
Refuge de montagne
Sentier de grande randonnée
GR
Équipements - Environnement
Voie ferrée, station
Chemin de fer touristique
Altiport
Aérodrome
Aéroport
Tour ou pylône de télécommunications
Poste d'appel d'urgence
Frontière
Bureau de douane
Pétrole ou gaz naturel
Carrière
Mine
Transporteur aérien
Usine
Barrage
Phare ou balise
Moulin à vent
Château d'eau
Établissement hospitalier
Église ou chapelle
Cimetière - Calvaire
Château
Fort
Ruines
Monument
Mont
Grotte
Maison forestière
MF
Forêt ou bois
Forêt domaniale
Chef-lieu de : département
P
arrondissement
canton
Altitude (340)

CHAPITRE 7

LA BOUSSOLE

L'étude de la boussole modèle 1922 et celle de la boussole-compas modèle F 1 figurent dans le présent chapitre.

1. GÉNÉRALITÉS

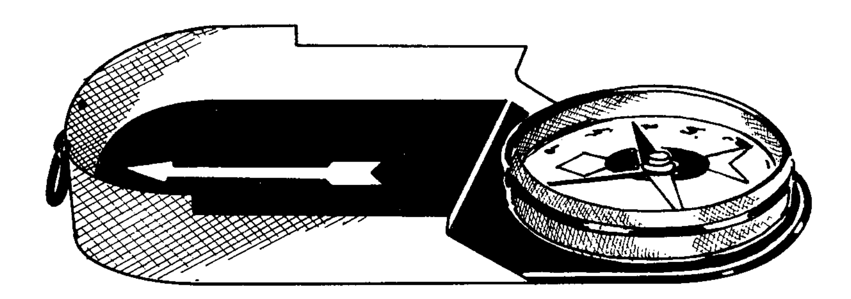
Les boussoles permettent de s'orienter rapidement sur le terrain et de marcher dans une direction donnée. Elles permettent aussi de mesurer avec une approximation de quelques millièmes (1) le gisement d'une direction ou l'écart angulaire de deux directions.

2. LA BOUSSOLE DIRECTRICE MODÈLE 1922

21. Description

Cette boussole possède une aiguille aimantée de 4 cm de long, montée sur un pivot, et contenue dans un boîtier circulaire.

Une flèche de direction, solidaire du plateau de l'instrument, est prolongée par une flèche lumineuse portée par le couvercle.



Le cercle C de la boussole est gradué en millièmes (1) (de 0 à 6 400 Mil. (2) dans le sens des gisements) ; il est solidaire du boîtier. Ce boîtier peut tourner autour du pivot par rapport au plateau.

22. Mode d'emploi

221. **Orientation de la carte.**

2211. *Premier procédé : la direction faisant avec l'axe des y un angle égal à la déclinaison (chapitre 3, § 213) étant tracée sur la carte.*

Amener le zéro du cercle gradué en face de la flèche directive.

Poser le bord du boîtier contre la direction tracée.

Tourner la carte jusqu'à ce que l'aiguille aimantée soit en face du zéro.

---

(1) Ou degrés ou grades.

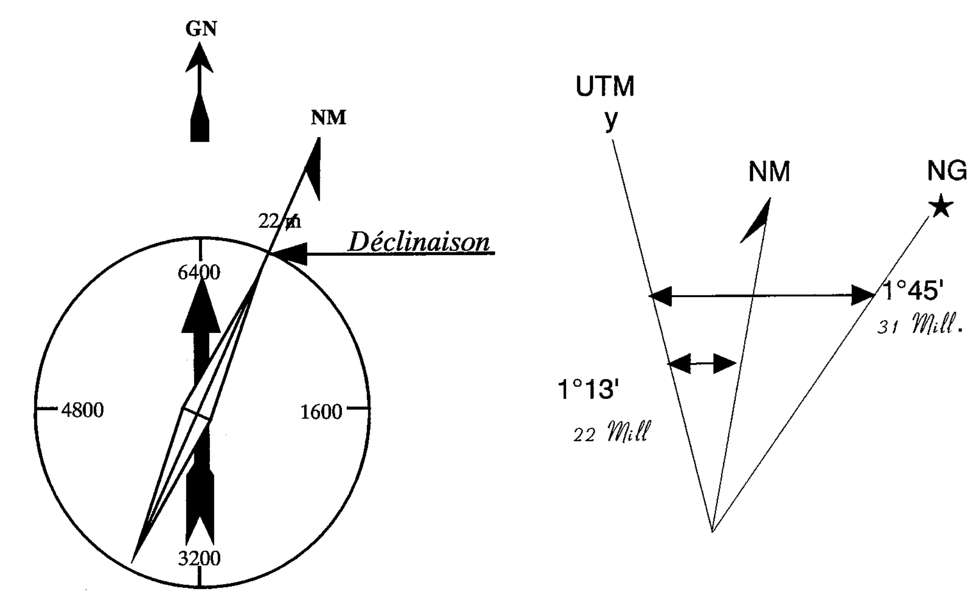
(2) Ou de 0 à 360^0, ou de 0 à 400 grades.

2212. *Deuxième procédé : utilisation directe de l'axe des y.*

Définir d'après la figure portée sur la carte, la valeur de la déclinaison.

Soit, par exemple 22 millièmes Est.

En déduire la division de déclinaison :
6 400 millièmes = 22 millièmes = 6 422 millièmes.



Amener le zéro du cercle gradué en face de la flèche de direction.

Placer le bord du boîtier contre l'axe des *y*, la flèche dirigée vers le nord de la carte.

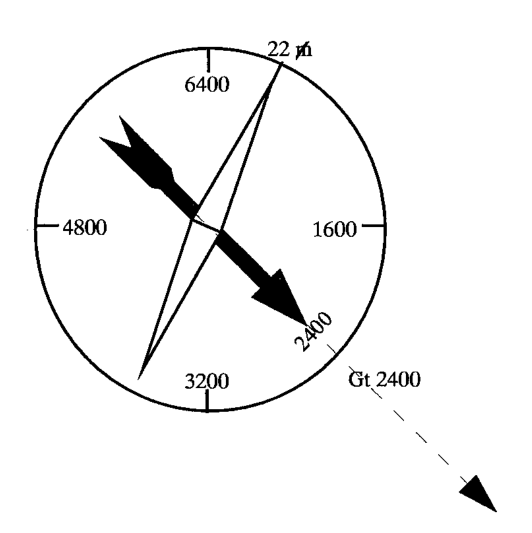
La boussole étant posée sur la carte, tourner celle-ci jusqu'à amener l'aiguille aimantée en face de la division 22 Mil.

222. **Définition d'une direction de marche.**

C'est placer la ligne des deux flèches dans une direction indiquée par son gisement [1].

Exemple : direction de marche, 2 400 millièmes.

a) Amener la division 2 400 Mil. en face de la flèche de direction en faisant tourner le boîtier.



(1) Ou son azimut magnétique.

b) La boussole étant tenue horizontalement, amener l'aiguille aimantée en face de la division de déclinaison.

La ligne des deux flèches indique la direction de gisement 2 400 millièmes.

223. **Détermination du gisement d'une direction.**

Soit à déterminer le gisement de la direction passant par le point de station et le point du terrain.

2231. *Premier procédé.*

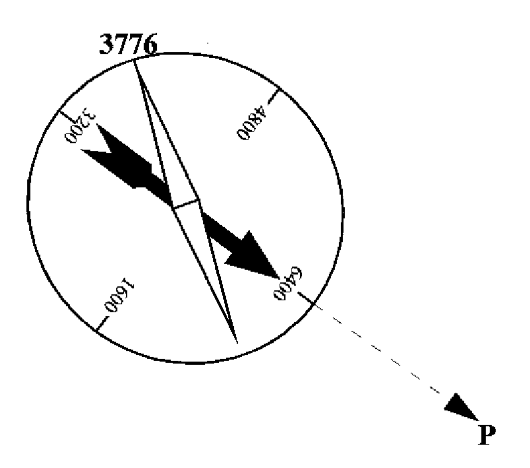
a) Viser le point P.

b) Amener la division de déclinaison en face de l'aiguille aimantée en faisant tourner le boîtier.

c) Lire en face de la flèche de direction la valeur du gisement.

2232. *Deuxième procédé.*

a) Amener le zéro de la graduation en face de la flèche de direction.



b) Viser le point P avec la ligne des deux flèches et lire la graduation indiquée par l'aiguille aimantée.

c) Retrancher, de la division de déclinaison, la valeur trouvée.

224. **Mesure d'un écart angulaire.**

Soit à mesurer l'écart angulaire sous lequel on voit deux points R et T :

- viser le point de gauche R avec la ligne des deux flèches et lire la graduation en face de l'aiguille aimantée, soit 4 400 millièmes ;
- viser de même le point T et noter la nouvelle graduation, soit 22 millièmes.

L'écart angulaire cherché est égal à (6 400 millièmes – 4 400 millièmes) + 22 millièmes. = 2 022 millièmes.

23. Conditions d'emploi

La proximité de masses magnétiques (objet en fer) ou de courants électriques de grande intensité fait dévier l'aiguille qui ne prend plus la direction du nord magnétique.

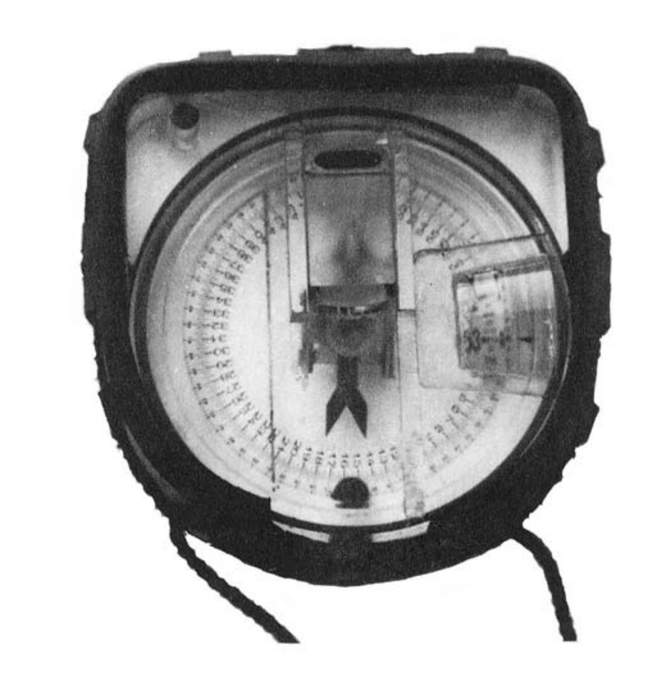
Bien que l'aiguille de la boussole ne soit pas très sensible il convient, pour l'utiliser, de se tenir à une vingtaine de mètres des masses magnétiques (char, camion, canon, etc.).

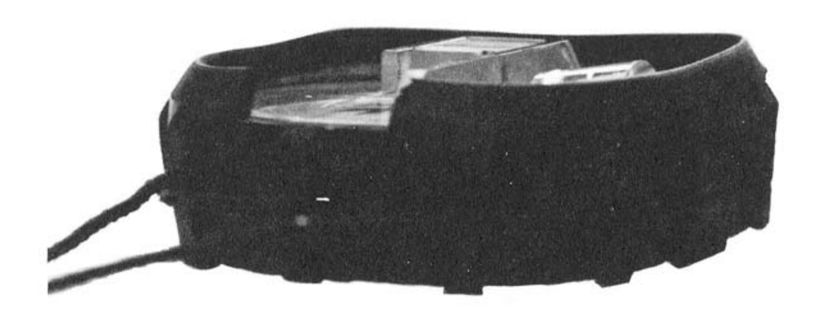
3. LA BOUSSOLE-COMPAS MODÈLE F 1

31. Description

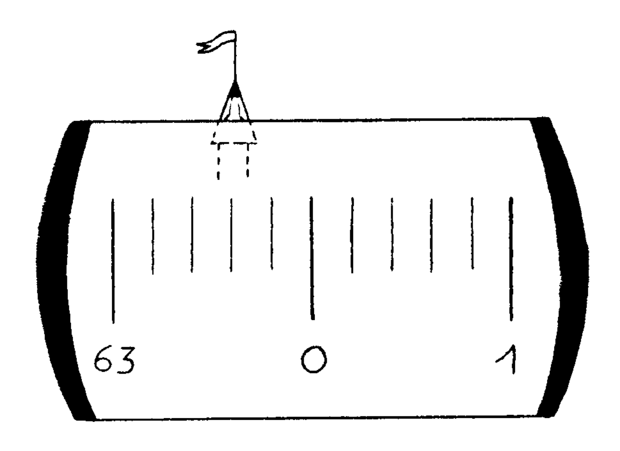
La boussole-compas modèle F 1 comporte un système mobile pivotant à l'intérieur d'une cuve remplie de liquide, laissant apparaître deux couronnes graduées, visibles :

– l'une à travers une loupe ;
– l'autre au moyen d'un prisme.





Les relèvements se font directement, quelle que soit la position de l'œil, l'opérateur lit simplement la graduation coïncidant avec le point visé sans risque d'erreur de parallaxe.



Un boîtier étanche en matière plastique contient le système mobile qui comporte une rose transparente graduée.



Ce boîtier est rempli d'un liquide qui amortit très rapidement les oscillations de la rose. Le fond est muni d'un trait repère pour l'orientation de la carte.

La partie supérieure porte deux fenêtres de lecture de la rose :

- une fenêtre centrale munie d'une loupe destinée aux opérations de relèvement ;
- une fenêtre latérale de forme tronconique destinée à orienter la carte ou la planchette.

Une pastille autoluminescente (ampoule au tritium) permet de faire des relèvements de nuit sans source lumineuse extérieure. La boussole-compas est munie d'une protection en caoutchouc et d'un cordon de suspension.

32. Caractéristiques

Le système mobile comprend une flèche solidaire d'une rose graduée de 20 en 20 millièmes, chiffrée tous les 100 millièmes.

Sa précision est de 10 millièmes, son débattement maximal est de 8^0 (environ 140 millièmes), et son encombrement de 74 × 74 × 26 mm.

33. Mode d'emploi

331. **Orientation de la carte.**

3311. *Premier procédé : direction du nord magnétique tracée comme au paragraphe 2211.*

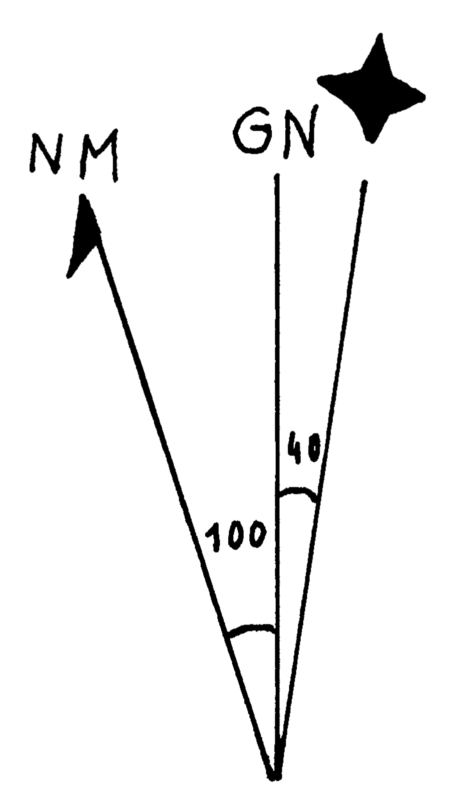
Placer la boussole-compas sur la carte, le trait repère en coïncidence avec la direction du nord magnétique tracé sur la carte.

Tourner la carte jusqu'à ce que l'on voie dans la fenêtre la graduation zéro.

3312. *Deuxième procédé : utilisation de l'axe des y.*

Définir d'après la figure portée sur la carte la valeur de la déclinaison. Soit par exemple 100 millièmes ouest, et en déduire la division de déclinaison :

6 400 – 100 = 6 300 millièmes



Placer la boussole-compas sur la carte, le trait repère en coïncidence avec un trait nord-sud du carroyage. Tourner alors la carte jusqu'à ce que l'on voie dans la fenêtre la graduation tenant compte de la déclinaison.

332. **Définition d'une direction de marche ou de la direction d'un point.**

Tourner la boussole-compas sur elle-même de façon à lire l'azimut (1) (2) de la direction dans la fenêtre. La ligne de visée et le bord rectiligne de la boussole-compas sont alors orientés selon la direction de marche.

333. **Mesure de l'azimut magnétique d'une direction.**

Tenir l'appareil à hauteur de l'œil et aussi près que possible de celui-ci ; observer en même temps la rose par la fenêtre et le point visible immédiatement au-dessus. Le trait de la division superposé au but indique l'azimut (2) de celui-ci. La rose étant grossie dix fois, on peut apprécier facilement à 10 millièmes près.

La partie correspondante de la rose étant éclairée par pastille autoluminescente, cette opération peut être exécutée de nuit sans aucune source lumineuse, à condition, bien entendu, que le point visé soit lui-même suffisamment distinct.

Prendre soin de tenir la boussole-compas éloignée de toute masse magnétique.

---

(1) Magnétique.
(2) Ou le gisement.

334. **La carte ou la planchette étant orientée, tracer une direction de gisement donné.**

Placer la boussole-compas sur la planchette (ou la carte) et la tourner sur elle-même jusqu'à ce qu'on lise dans la fenêtre le gisement voulu. Tracer alors la direction en utilisant le bord rectiligne de la boussole-compas.

Remarque. – Les possibilités de débattement de la rose autorisent un défaut d'horizontalité de 8^0. Il est cependant souhaitable, pour la précision des mesures, de tenir la boussole-compas aussi horizontale que possible.

34. Conditions d'emploi

Mêmes précautions que pour la boussole modèle 1922.

SECTION II

L'OBSERVATION

BUT RECHERCHÉ ET DONNÉES ESSENTIELLES

L'observation a pour but la recherche de renseignements concernant la position ou l'activité des troupes amies ou ennemies, la détermination d'objectifs, la mise en place de tirs.

Ces renseignements sont obtenus en utilisant des moyens d'observation et de surveillance à partir d'observatoires.

L'observation se pratique aussi bien de nuit que de jour et fait appel à la vue et à l'ouïe.

CHAPITRE 1

INSTRUMENTS D'OBSERVATION ET DE SURVEILLANCE

L'instrument d'observation habituel du combattant est la paire de jumelles. L'observation humaine est de plus en plus complétée par celle des radars.

1. JUMELLES À PRISMES

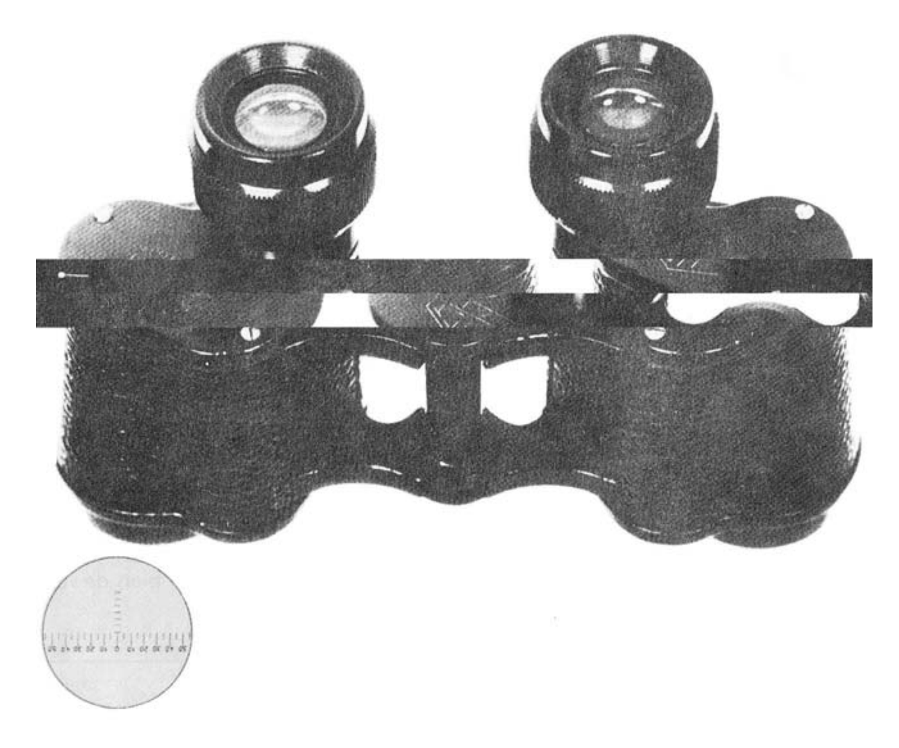
Les jumelles à prismes avec micromètre sont destinées :
- à l'exploration du terrain ;
- à la reconnaissance des objectifs ;
- au réglage des tirs.

Le micromètre est gradué soit en millièmes, soit en décigrades. Des traits horizontaux espacés de 5 en 5 millièmes (ou décigrades) permettent de repérer les hauteurs angulaires correspondantes.

Les modèles les plus courants ont un grossissement de 8 et un champ de 80 à 150 millièmes. Le grossissement est le facteur par lequel est multiplié l'angle sous lequel est vu l'objet examiné.

Ainsi on voit, avec des jumelles de grossissement 8, un objet situé à 800 m comme il apparaît à l'œil nu à la distance de 100 m.

La mise au point se fait séparément pour chaque oculaire, pour l'œil correspondant, et peut être repérée sur une bague graduée et moletée.



On règle l'écartement des deux corps de la jumelle de façon que les deux cercles constituant le champ oculaire se confondent en un seul. On repère sur la graduation de la charnière le nombre correspondant à cet écartement.

Le repérage de la mise au point et de l'écartement évite de recommencer le réglage de la jumelle à chaque nouvelle opération.

2. LES RADARS

Les radars utilisent le phénomène de réflexion des ondes électromagnétiques pour détecter à distance les déplacements.

Parmi les principaux radars actuellement en service, on trouve :

- RATAC RAdar de Tir de l'Artillerie de Campagne ;
- RASIT type E RAdar de Surveillance des InTervalles et Écartométrie ;
- CYMBELINE (Radar de Trajectographie Anti-Mortier) en attente de la mise en service du radar COBRA ;
- HORIZON Hélicoptère d'Observation Radar et d'Investigations de ZONe.

CHAPITRE 2

LE TOUR D'HORIZON

La recherche du renseignement par l'observation nécessite une connaissance approfondie du terrain.

Il convient, en particulier, de pouvoir identifier à chaque instant les détails du terrain à ceux de la carte et vice versa, tout en gardant une vision générale de la zone observée.

1. LE TOUR D'HORIZON

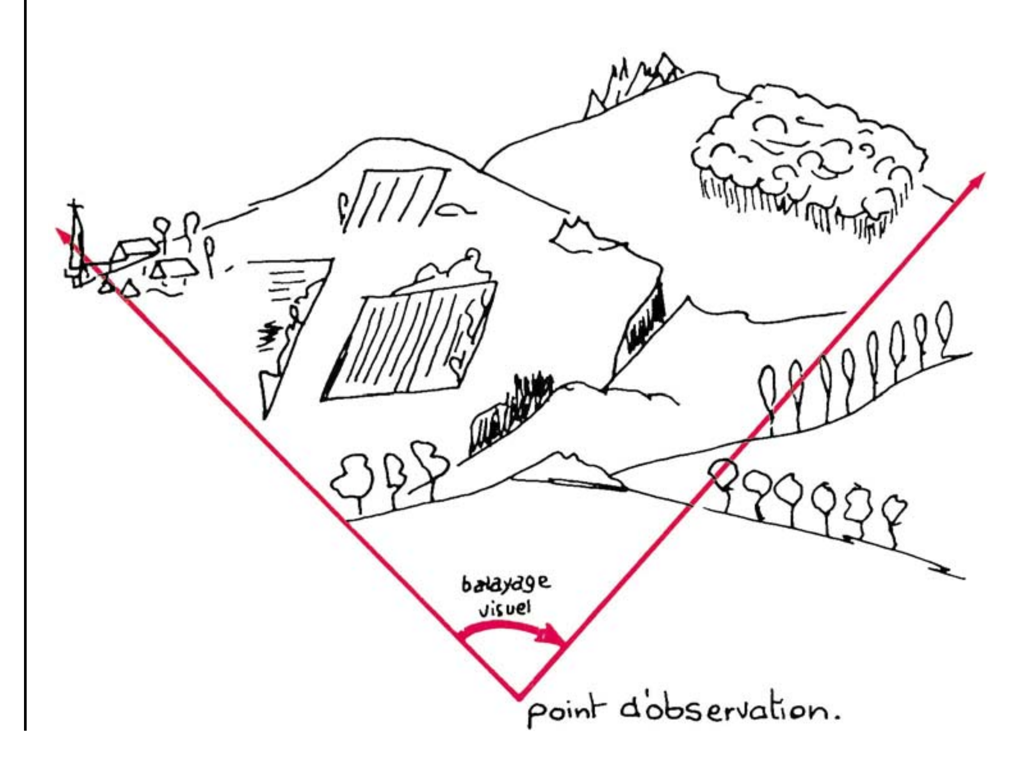
Pour acquérir cette connaissance approfondie du terrain, il importe de procéder, à chaque point d'observation, à un tour d'horizon complet.

Celui-ci peut être effectué grâce à trois opérations élémentaires que nous avons déjà étudiées :

- orientation de la carte ;
- détermination du point de stationnement ;
- détermination sur la carte des lignes et des points caractéristiques du terrain.

Pour être efficace, un tour d'horizon doit être exécuté avec méthode :

- de la gauche vers la droite à partir d'une direction origine ;
- du plus près au plus loin ;
- du général au particulier.



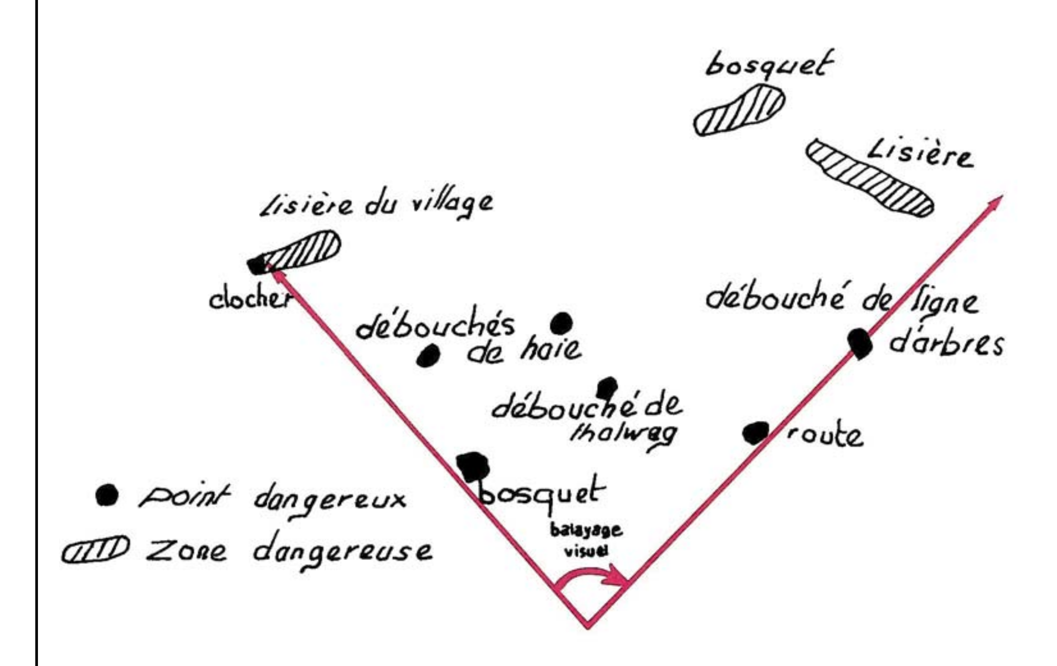
Un certain nombre de points de repère connus sont tout d'abord définis sur le terrain (clocher, accident de terrain, etc.), puis identifiés sur la carte.

On s'efforcera, en particulier, de rechercher le mouvement de terrain où se trouve le point et de le situer en s'aidant des détails de la planimétrie.

À partir de ces points de repère on pourra alors accrocher le reste du paysage en procédant à un balayage visuel systématique de celui-ci et en le partageant éventuellement en plusieurs secteurs.

Les points secondaires seront situés sur la carte, soit en mesurant leur gisement par rapport à un point de repère connu, soit en mesurant, à l'aide des jumelles, l'écart angulaire de ceux-ci avec un point caractéristique.

Une attention particulière doit être apportée aux points dangereux de la carte, c'est-à-dire aux points ou aux zones qui pourraient être favorablement utilisés par l'ennemi.



2. DÉSIGNATION D'UN OBJECTIF

L'observation assure le renseignement et entraîne la découverte des objectifs.

Le moindre indice, souvent très fugitif, peut amener cette découverte.

Il importe donc de pouvoir localiser rapidement et sûrement un objectif afin d'être en mesure de le traiter efficacement.

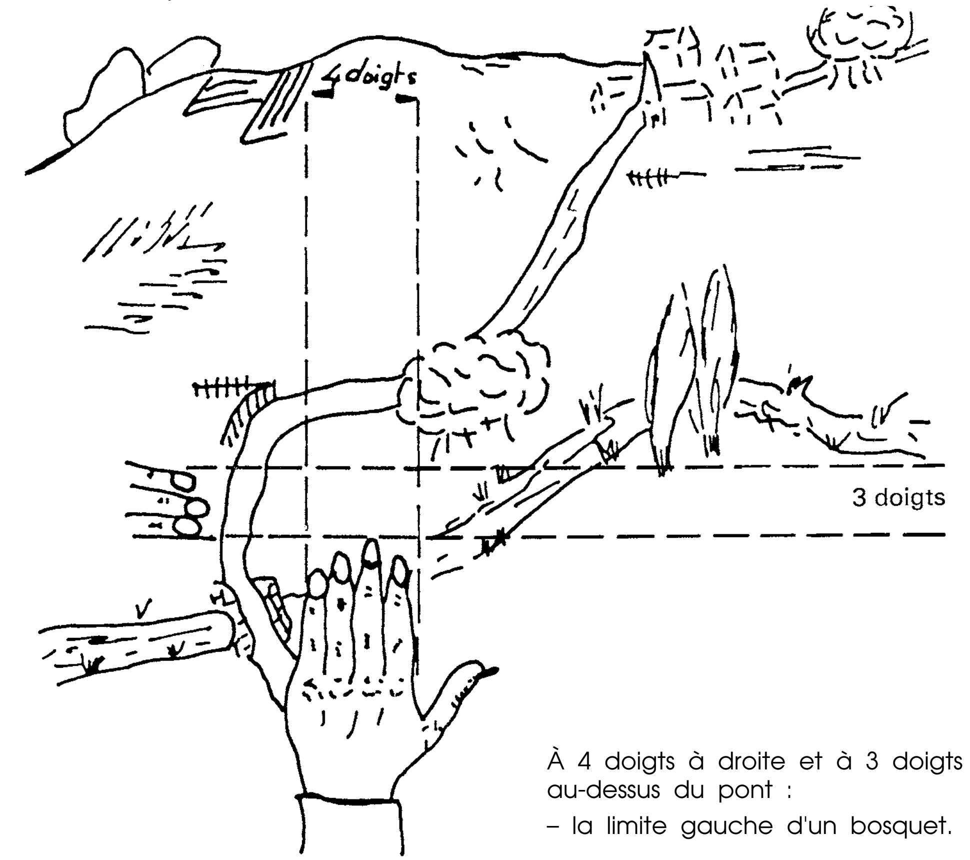
À cet effet, il convient d'abord :

– de choisir un point de repère fixe proche de l'objectif ;
– de définir ce point de repère ;
– de situer l'objectif par rapport à ce point de repère ;
– de décrire l'objectif.

Il existe divers procédés de repérage et de désignation. Deux d'entre eux sont particulièrement utilisés.

21. Main étalonnée (voir section I, chap. 5)

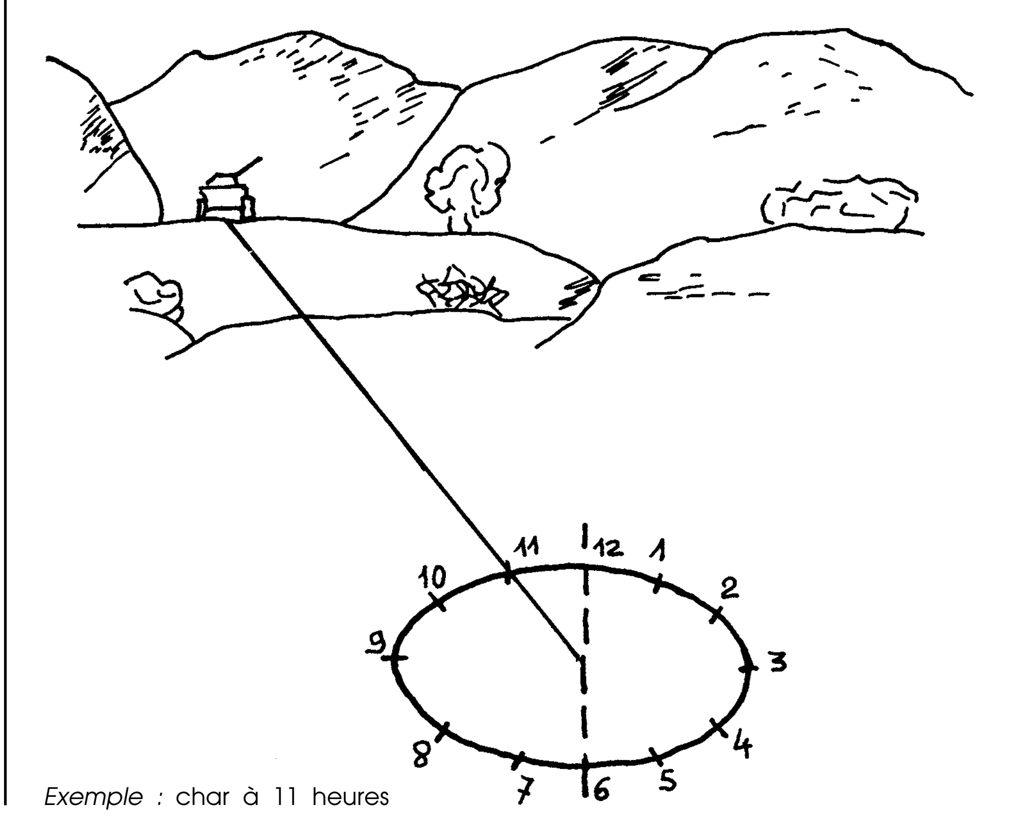
Dans la pratique, un objectif est situé par rapport à un point de repère remarquable par son écart angulaire évalué soit avec le procédé de la main étalonnée, soit avec l'aide du micromètre des jumelles.



À 4 doigts à droite et à 3 doigts au-dessus du pont :
– la limite gauche d'un bosquet.

22. Procédé du cadran horaire

Un cadran horaire est imaginé autour du point de stationnement, l'observateur occupant le centre du cadran de sorte que la ligne midi-six heures coïncide avec l'axe d'observation, le point midi étant vers l'avant.



Exemple : char à 11 heures

Un point situé à 90° à gauche du cadran est dit à 9 heures, un point juste en arrière est dit à 6 heures.

Si ce procédé n'est pas précis, il a au moins l'avantage de situer le point à observer dans une portion de terrain de faible dimension, à l'intérieur de laquelle il peut être facilement identifié.

Il est couramment employé à bord des engins blindés.

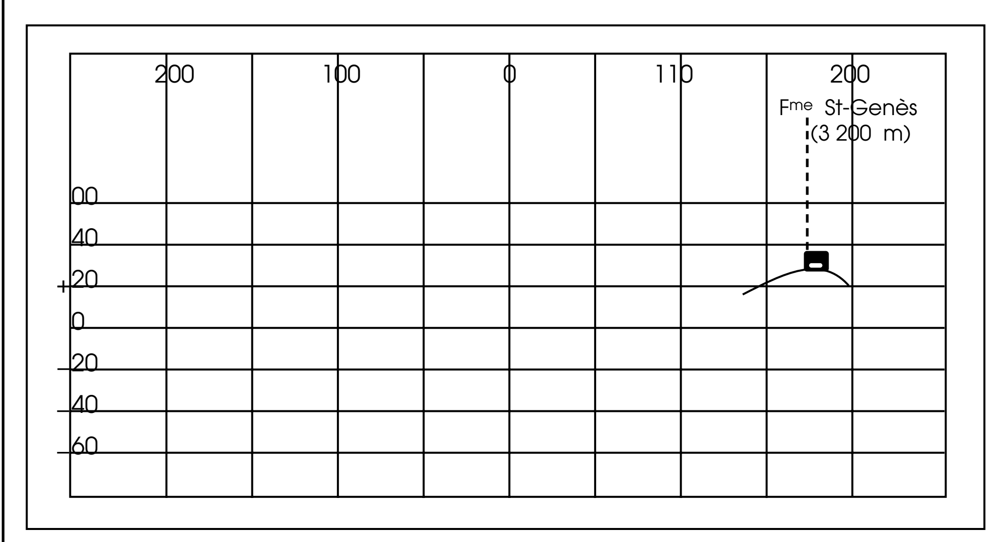
3. LE CROQUIS EXPÉDIÉ

Le croquis expédié est un des documents qui sert à fixer les résultats de l'étude des détails du terrain dans la zone à observer. Il doit être clair et précis.

Il s'exécute sur une feuille de papier ordinaire, quadrillé, sur laquelle on trace :

- un axe vertical central représentant la direction origine ;
- des axes verticaux régulièrement espacés représentant les écarts angulaires de 100 en 100 millièmes. L'échelle est choisie pour utiliser au mieux la largeur de la feuille ;
- des axes horizontaux représentant les différents plans de site de 20 en 20. L'échelle des sites doit être environ le double de celle adoptée pour les écarts angulaires.

À l'intérieur du quadrillage ainsi formé, tout point du terrain peut être reporté par son écart angulaire avec la direction origine et par son site.



Ferme Saint-Genès – à droite 175 – site + 25.

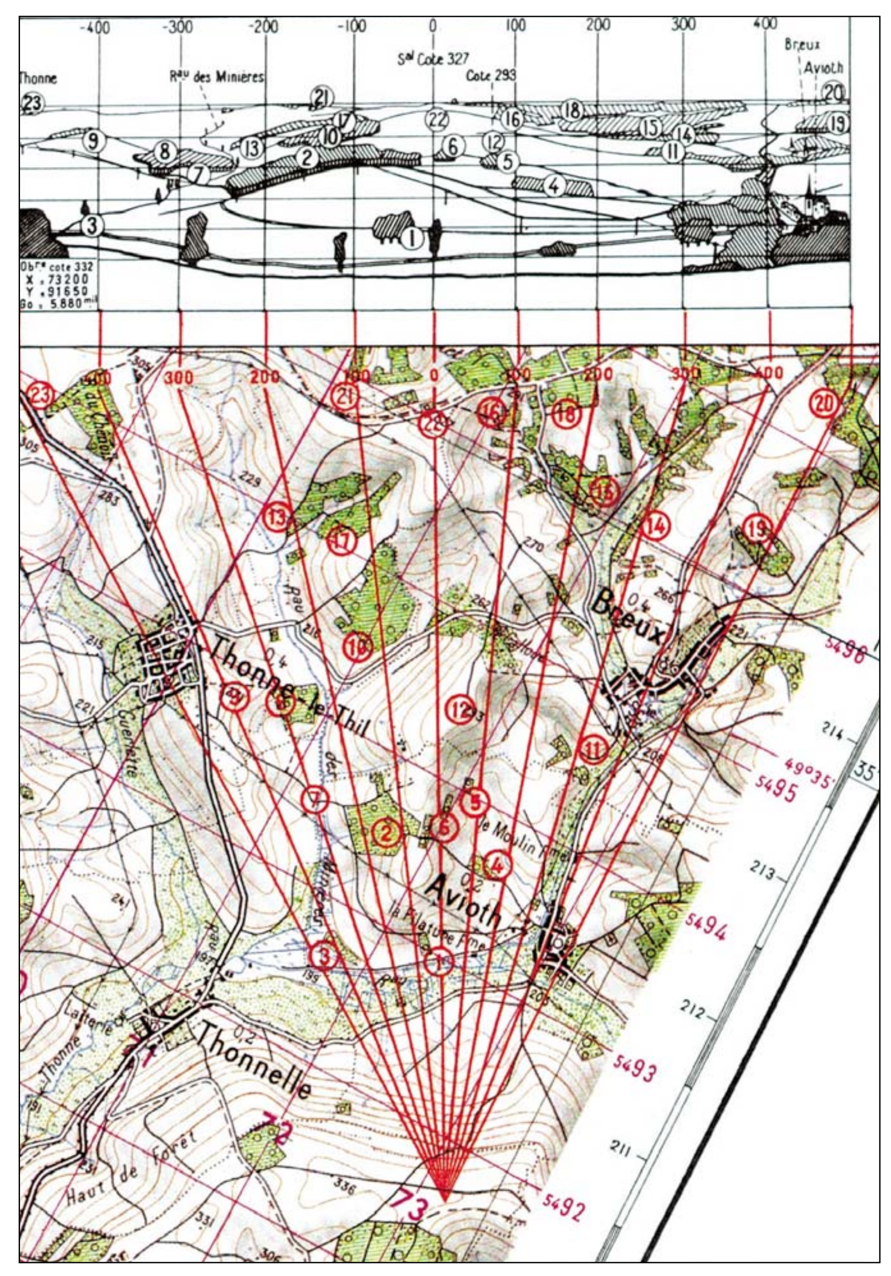
Placer sur ce croquis, en les schématisant :

- le point définissant la direction origine ;
- les points caractéristiques du paysage ;
- les crêtes successives ;
- les contours des bois, les localités, les routes, les organisations du champ de bataille, etc.

Compléter le dessin par l'indication des distances de tous les détails importants. Ces distances, mesurées sur la carte, sont inscrites au-dessus du dessin et reliées au détail qu'elles concernent par une ligne de rappel tracée légèrement.

Le croquis expédié est un schéma des renseignements recueillis et un instrument permettant de situer rapidement un point quelconque de la zone à observer par rapport à l'observatoire.

On ne doit pas chercher à en faire un « paysage ». Il est donc inutile de s'attarder au dessin des premiers plans.



Extrait de la carte au 1/50 000
publiée par l'Institut Géographique National
(Reproduction interdite)

CHAPITRE 3

ÉTUDE D'ITINÉRAIRE

Tous les mouvements d'unités ou individuels, tous les transports de personnels ou de matériels doivent être précédés d'une étude d'itinéraire. En plus de renseignements de sources diverses, il faut souvent effectuer sur la carte de véritables reconnaissances complètes et détaillées, soit pour déterminer les caractéristiques d'un parcours donné, soit, après avoir procédé à l'examen des possibilités de plusieurs itinéraires, pour choisir le meilleur.

En fait, le problème se ramène toujours à rechercher, sur la carte, les renseignements permettant d'exécuter au mieux la mission confiée.

C'est donc une simple lecture de carte.

Cependant, pour procéder efficacement à cette étude, il faut agir avec méthode et selon un plan dont les grandes lignes peuvent se résumer comme suit.

1. ÉTUDE D'ENSEMBLE

11. Région traversée

Étude sommaire permettant de dégager les caractéristiques principales concernant :

- le peuplement : localités, répartition de la population, etc. ;
- la végétation : nature, densité, répartition ;
- le relief d'ensemble : zone montagneuse, vallonnée, plate, coupée, etc.

12. Le parcours

Orientation générale.

Longueur.

Profil général : plat, accidenté, vallonné, etc.

2. ÉTUDE DÉTAILLÉE

21. Fractionnement de l'itinéraire

L'itinéraire est fractionné en tronçons de caractéristiques bien définies.

Exemple :

1re section : parcours au fond de la vallée, plat mais sinueux ;

2e section : parcours en lacets à flanc de coteau en zone boisée ;

3e section : parcours sur le plateau (plat et rectiligne), etc.

22. Étude de chaque section

221. **Valeur de l'itinéraire :**
– viabilité : catégorie de la route, pente ;
– praticabilité : accès, possibilités de stationnement, de dégagement ;
– points dangereux : gués, tunnels, étranglements, corniches, virages, etc.

222. **Points caractéristiques :** localités, ponts, carrefours, repères.

223. **Points ou zones à surveiller :** étude facultative en fonction de l'ennemi ; recherche des zones d'embuscades, défilés, couverts, points de passage obligé.

3. CONCLUSIONS

1) Caractéristiques essentielles : itinéraire facile, sûr, rapide, etc.

2) Différentes étapes possibles.

3) Délais pour le parcourir (selon le mode de locomotion).

Il sera nécessaire, le plus souvent, de concrétiser le résultat de cette étude par l'établissement :
– d'un croquis à la plus grande échelle possible et faisant nettement ressortir les diverses sections, les points caractéristiques, les points dangereux, etc. ;
– d'une fiche rédigée selon le plan ci-dessus et qui pourra servir soit d'aide-mémoire au chef de convoi, soit de fiche de route pour les chefs d'éléments et de voitures.

4. CAS PARTICULIERS

41. Étude d'itinéraire sur la carte au 1/50 000

Compte tenu de l'échelle, cette carte ne peut être utilisée que pour les déplacements de faible amplitude. Pour un déplacement routier, il est préférable de prendre une carte à plus petite échelle plutôt que de s'embarrasser de plusieurs feuilles.

Cependant, étant donné le grand nombre de renseignements portés par cette carte et sa précision, elle sera utilisée principalement dans deux cas :
– pour l'étude des itinéraires à parcourir à pied ;
– pour la recherche des renseignements qui ne figurent pas ou figurent mal sur les cartes routières.

Un écueil est à éviter dans tous les cas : ne pas se « noyer » dans les détails inutiles et savoir au contraire dégager les points essentiels, seuls importants et nécessaires pour apprécier l'itinéraire.

42. Étude d'itinéraire sur la carte au 1/200 000

Spécialement conçue à cet effet, cette carte permet d'effectuer rapidement et dans de bonnes conditions l'étude détaillée de tous les itinéraires susceptibles d'être empruntés par des véhicules, ainsi que le calcul de la distance à parcourir.

CHAPITRE 4

OBSERVATIONS DE NUIT

L'obscurité rend l'observation très difficile, en faisant disparaître les couleurs, en confondant les différents plans du relief et en transformant les formes en silhouettes confuses.

1. OBSERVATION HUMAINE

Un certain nombre de procédés permettent cependant d'augmenter l'acuité visuelle :

- adaptation à la vision nocturne (de 20 à 30 mn suivant l'obscurité de la nuit) ;
- vision décentrée afin d'utiliser la partie périphérique de la rétine ; il est recommandé d'observer les objets non pas directement mais légèrement de côté, au-dessus et au-dessous ;
- balayage du regard pour éviter des hallucinations fréquentes ; il faut éviter de fixer son regard sur un objet ;
- clignement des paupières ; le clignement fréquent des paupières pendant une ou deux secondes permet de profiter, au moment où l'on ouvre les yeux, d'une sensibilité plus grande de la rétine ;
- précautions contre l'éblouissement ; les yeux adaptés à la vision nocturne étant sensibles aux éclats de lumières (projecteur, lueur de départ d'une bouche à feu, etc.), il est recommandé, en cas de menace d'éblouissement, de fermer un œil, afin de conserver une adaptation partielle de la vue qui permette de poursuivre l'observation une fois l'obscurité revenue ;
- utilisation des jumelles.

L'obscurité favorise la propagation des sons et développe l'ouïe.

Une oreille bien exercée est capable de déceler et même de localiser un objet ou une personne grâce à un bruit.

Un certain nombre de procédés permettent, en outre, d'augmenter la perception auditive :

- concentrer son attention sur les sensations de l'ouïe ;
- faire face à la direction supposée de la source de bruit ;
- placer les paumes des mains derrière les oreilles en écouteur ;
- retenir sa respiration ;
- se placer si possible sous le vent ;
- pour des bruits à peine perceptibles, placer son oreille contre le sol.

Enfin, grâce à l'odorat, un combattant entraîné peut détecter certains indices d'une présence ennemie :
– odeur de cuisine ;
– odeur de tabac ;
– odeur d'origine humaine ou animale ;
– odeur d'essence ;
– odeur de terre remuée, etc.

Les mauvaises conditions météorologiques : pluie, brouillard, neige, vent violent, gênent notablement l'observation nocturne.

De nuit, le secteur de surveillance est généralement réduit. Il est souvent défini sur le terrain par deux points de repère rapprochés qui sont munis de dispositifs luminescents.

À l'intérieur de ce secteur, l'observateur surveille particulièrement les zones de terrain dégagé facilitant le déplacement silencieux.

C'est surtout en cherchant avec ses yeux ou avec les moyens optiques dont il dispose, dans la direction des bruits éventuels, qu'il sera à même de déterminer l'origine de ceux-ci.

Auparavant, il y a lieu, dans la mesure du possible, de procéder de jour à une observation sommaire du terrain afin de pouvoir fixer dans la mémoire de l'observateur un certain nombre de points de repère.

2. AIDES À L'OBSERVATION HUMAINE

Le combattant peut disposer d'appareils de surveillance et d'observation nocturne ou d'éclairage du terrain.

21. Les projecteurs

Les projecteurs devraient permettre l'observation dans les mêmes conditions que le jour, mais ils sont indiscrets et ne peuvent être utilisés que dans des conditions tout à fait particulières.

22. Les artifices pyrotechniques

Les artifices pyrotechniques, peu coûteux et simples d'emploi, comprennent
– les artifices à main ;
– les artifices à fusil ;
– les obus d'artillerie ;
– les obus de mortier ;
– les mines éclairantes ;
– les fusées parachutes.

Ils présentent l'inconvénient d'éclairer à la fois amis et ennemis.

23. Les équipements infrarouges actifs

L'émission d'infrarouge se fait par un procédé simple. On éclaire le paysage par un projecteur normal dont la glace avant est constituée par un filtre infrarouge absorbant les rayons visibles de la lumière.

La réception de cette lumière infrarouge, réfléchie par le paysage, se fait par l'intermédiaire d'une lunette électronique qui comporte un tube transformateur d'image qui donne une image visible de l'image invisible de l'objet éclairé par infrarouge.

De nombreux appareils infrarouges sont actuellement en service :
– projecteurs de 137 mm d'une portée de 90 m ;
– jumelles de conduite de véhicule ;
– appareils de tir pour armes portatives.

24. Les équipements infrarouges passifs

Les sources de rayons infrarouges sont cependant facilement détectables. Le métascope, en particulier, est capable de localiser une source infrarouge jusqu'à plusieurs kilomètres.

25. Les radars

Cf. chapitre 1, paragraphe 2, de la présente section.

26. Détection microphonique

Une batterie de microphones répartis dans la zone à surveiller et reliés chacun à une boîte de sélection et à un amplificateur permet de détecter et de localiser tout bruit suspect.

27. Les équipements à intensification de lumière

Dans ces appareils, on procède à une très forte amplification de la luminosité ambiante (variable selon le niveau de nuit et les conditions locales), jusqu'à obtention d'une image visible.

À la différence de l'infrarouge, il s'agit ici d'un procédé totalement passif, donc discret, puisqu'il ne révèle pas la présence de l'utilisateur.

Ces équipements (jumelles, lunettes de tir, etc.) sont destinés à remplacer, dans l'avenir, les matériels actuels à infrarouge.

SECTION III

PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES

INTRODUCTION

Prise d'avion à une altitude plus ou moins élevée, la photographie aérienne est une représentation du terrain au même titre que la carte.

Les principaux caractères de la photo aérienne sont les suivants :

1) *L'authenticité :* tous les détails qui figurent sur la photo existent réellement et inversement tous les détails existants y figurent.

2) *La richesse* des renseignements.

3) *L'actualité* de ces renseignements.

Il n'est pas possible, en effet, de retrouver sur une carte les détails planimétriques récents : coupes de bois, modifications apportées au tracé des voies de communication ou des cultures ; en revanche, tous ces renseignements sont visibles sur la photo récente.

Toutefois, présentée en noir et blanc, donc plus difficile à déchiffrer que la carte, son emploi nécessite un certain entraînement.

CHAPITRE 1

PRÉSENTATION DES PHOTOS AÉRIENNES

1. DÉFINITIONS

Mission : ensemble des photos prises par un même avion au cours d'une même sortie.

Bande : ensemble des photos prises sans interruption, par une même caméra, au cours d'un même passage de l'avion.

Ces photos se recouvrent partiellement.

Photo verticale : une photo est dite verticale lorsqu'elle a été prise avec une caméra dont l'axe optique était vertical.



Photo oblique : une photo est dite oblique lorsqu'elle a été prise avec une caméra dont l'axe optique était incliné.



Échelle : le rapport des distances mesurées sur la photo aux distances réelles mesurées sur le terrain est appelé échelle de la photo.

Cette échelle n'est pas donnée a priori ; il convient de la calculer ou de la déterminer dans chaque cas.

2. INDICATIONS MARGINALES

La photo aérienne en noir et blanc est entourée par un cadre noir portant au milieu de chaque côté un repère ou index et, sur l'un des côtés, une série d'inscriptions dans la marge qui précise :

- le numéro d'ordre de la photo ;
- l'unité aérienne qui a effectué la mission ;
- la région photographiée ;
- la focale de l'appareil ;
- l'altitude de prise de vue ;
- la date de la mission ;
- l'heure moyenne de la mission.

CHAPITRE 2

EMPLOI DES PHOTOS AÉRIENNES VERTICALES

L'utilité de la photo aérienne est double. Elle peut servir :

- soit comme document cartographique utilisé pour l'étude du terrain ;
- soit comme source de renseignements : c'est l'affaire de spécialistes, mais l'étude attentive de toute photo très récente peut permettre à quiconque d'en tirer des renseignements intéressants.

1. LECTURE DE LA PHOTO AÉRIENNE

Les détails planimétriques sont représentés par leur image réelle et non par des signes conventionnels comme sur une carte.

Il y a donc intérêt, chaque fois que possible, à associer l'étude de la carte à celle de la photo.

La tonalité de l'image (nuance entre le noir et le blanc) traduit la couleur et la nature de la surface photographiée.

L'ombre portée d'un objet facilite souvent son identification, les ombres indiquent l'existence et le sens du relief.

Pour éviter les erreurs d'interprétation, il convient de tourner la photo de manière à ce que les ombres soient dirigées vers l'observateur.

11. Voies de communication

Elles présentent sur les photos des lignes très visibles ; ce sont :

- les routes : au tracé parfois sinueux, qui se raccordent aux routes secondaires sous un angle quelconque ;
- les voies ferrées : souvent plus étroites, au tracé régulier et qui se raccordent entre elles tangentiellement. On note parfois la présence de remblais ou tranchées et d'ouvrages d'art (tunnels, ponts) ;
- les canaux : de largeur uniforme, reconnaissables aux bords nets, à la présence d'écluses et de chemins de halage.

12. Végétation

Les bois sont plus ou moins teintés selon :

- les essences d'arbres : sapins, pins (sombres) ; autres arbres (plus clairs) ;
- les saisons : absence de feuilles en hiver, qui donne une impression de grisaille hachurée ;
- la densité des arbres.

Les cultures ont souvent une apparence caractéristique :
- les champs se présentent sous forme de damiers ;
- les prés sont en gris uniforme, parfois coupés par des rigoles, des pistes ;
- les vignes forment des rangées parallèles nettement visibles.

13. Cours d'eau

Très reconnaissables, il sera facile de déterminer :
- leur largeur ;
- la nature des berges (végétation) ;
- le sens du courant (sens des confluents, écume) ;
- parfois même leur profondeur (teinte sombre) et la nature du fond.

14. Le relief

Le nivellement ne figure pas sur les photos. L'étude est facilitée par l'emploi du stéréoscope. Sans être réservé aux spécialistes, le stéréoscope ne peut être utilisé que par des opérateurs ayant :
- une excellente vision stéréoscopique ;
- une bonne instruction sur l'emploi de cet appareil.

2. UTILISATION DE LA PHOTO AÉRIENNE VERTICALE

Si nous comparons une carte et une photo aérienne, ce qui frappe tout d'abord, c'est l'absence de carroyage sur la photo.

Or, ce carroyage de la carte présente un double intérêt :
- il indique sur la carte la direction du nord, origine de toutes les mesures de gisements ;
- il matérialise une échelle kilométrique qui permet de mesurer les distances et de désigner les points.

Pour pouvoir utiliser la photo aérienne verticale comme document cartographique, il faut donc également :
- *déterminer la direction du nord, c'est ce qu'on appelle orienter la photo ;*
- *déterminer l'échelle de la photo.*

21. Orientation de la photo en salle

211. **Orientation approchée** (procédé des ombres).

Pour pouvoir employer cette méthode, il est nécessaire que les ombres soient nettement visibles sur la photo.

Ce procédé est identique au procédé d'orientation à l'aide de la montre.

Si l'on admet :
- que le Soleil met 12 heures pour parcourir son demi-cercle au-dessus de nous, il se déplace donc de :

$$\frac{180}{12} = 15^0 \text{ par heure ;}$$

- que le Soleil passe au sud à midi [1], l'ombre des objets verticaux est donc à ce moment-là dirigée vers le nord.

Il est alors facile de déterminer l'angle existant entre la direction du nord (ombre à midi) et celle des ombres, si l'on connaît l'heure de prise de vue de la photo.

Or, cette heure est justement mentionnée dans les indications marginales.

---

(1) Si on est stationné entre les tropiques ou au sud du tropique du Capricorne, transformer le raisonnement en conséquence *(voir annexe).*

Exemple : soit une photo prise à 15 h 30 (temps universel).

La direction du nord fera avec celle des ombres un angle de :

$$15 \times 3{,}5 = 52^0\ 30'$$

Pour déterminer la direction du nord (ombre à midi), il suffit de reporter, par rapport à la direction de l'ombre, un angle de 52^0 à gauche (après-midi).

D'où le procédé :

- tracer la direction générale de l'ombre sur la photo ;
- calculer l'angle qui doit exister entre la direction du nord et celle de l'ombre à l'heure à laquelle la photo a été prise ;
- reporter cet angle dans le sens convenable par rapport à la direction de l'ombre.

Cette orientation est exacte à 20^0 près.

212. **Orientation précise** (procédé de la carte).

Orienter approximativement la photo d'après la direction de l'ombre (voir plus haut).

Comparer entre elles la photo et la carte et, plus spécialement, les figures géométriques formées par les voies de communication.

Identifier exactement deux points du terrain à la fois sur la carte et sur la photo.

Mesurer sur la carte le gisement de la direction de ces deux points.

Tracer sur la photo la direction déterminée par ces points.

Reporter sur la photo l'angle mesuré à partir de cette direction et dans le sens convenable.

Tracer la direction du nord.

22. Détermination de l'échelle

Le calcul de l'échelle se fait par application de la formule :

$$\text{échelle} = \frac{\text{focale}}{\text{altitude}}, \quad \text{ou encore } e = \frac{f}{h}$$

Or, la focale et l'altitude figurent parmi les indications marginales. La focale y est, en général, exprimée en pouces (''), l'altitude en pieds (') (1). Comme nous devons avoir la même unité au numérateur et au dénominateur et que le pied vaut 12 pouces, nous devons appliquer la formule :

$$\text{échelle} = \frac{\text{focale (en pouces)}}{\text{altitude (en pieds)}} \times 12$$

Exemple : focale = 24 pouces ; altitude = 20 000 pieds

$$\text{échelle} = \frac{24''}{20\,000' \times 12} = \frac{1}{10\,000}$$

Nota. – Contrairement aux échelles figurant sur les cartes, échelles, qui sont rondes (1/20 000, 1/50 000, etc.), les échelles de photos aériennes peuvent être quelconques :

$$\frac{1}{28\,750}, \ \frac{1}{15\,230}, \ \text{etc.}$$

et sont légèrement variables sur une même photo en raison des conditions de prise de vue et du relief.

(1) 1 pied = 0,3048 m ; 1 pouce = 2,54 cm.

23. Mesures sur la photo aérienne

Les seules mesures que l'on peut faire sur une photo aérienne sont des :

- mesures de longueurs ;
- mesures d'angles.

231. **Les mesures de longueur** se font comme sur la carte, au double-décimètre et en tenant compte de l'échelle de la photo.

Les résultats sont moins précis que sur une carte, en particulier en bord de photo ou ces déformations de l'image sont plus importantes qu'au centre.

Exemple : mesurée sur une photo verticale (focale 6", altitude 7 500') la distance entre deux points A et B est de 43,5 mm.

Quelle est la valeur de cette distance ?

Calcul de l'échelle :

$$e = \frac{f}{h} = \frac{6''}{7\,500' \times 12} = \frac{1}{15\,000}$$

Calcul de la distance :

$$d = 43{,}5 \times 15 = 652 \text{ m}$$

232. **Les mesures d'angles et de gisements** se font exactement de la même façon que sur une carte, il suffit d'utiliser le rapporteur.

3. UTILISATION DE LA PHOTO AÉRIENNE VERTICALE SUR LE TERRAIN

Sur le terrain, la photo aérienne est le plus souvent utilisée comme complément de la carte : la richesse des détails planimétriques qui y figurent en fait un document précieux pour la détermination exacte des itinéraires et celle des objectifs.

Avant de se rendre sur le terrain, on devra procéder dans toute la mesure du possible :

- à la détermination de l'échelle ;
- à la détermination de la direction du nord.

Arrivé au point de station il faudra, comme avec la carte :

- orienter la photo sur le terrain ;
- déterminer le point de station, pour pouvoir ensuite identifier les points de la photo et du terrain.

Orienter la photo sur le terrain c'est amener les lignes de la photo à être parallèles aux lignes correspondantes du terrain et de même sens.

31. Orientation de la photo sur le terrain

Comme pour la carte, on peut procéder de plusieurs façons :

- orientation à l'aide d'une droite de la planimétrie ;
- orientation à l'aide d'un alignement ;
- orientation à l'aide de la boussole : placer la boussole le long de la flèche tracée sur la photo dans la direction du nord, faire tourner la photo jusqu'à ce que l'aiguille marque la division de déclinaison.

32. Orientation du point de station

Grâce aux très nombreux détails planimétriques représentés sur la photo, la détermination du point de station n'offre généralement aucune difficulté ; il suffit de confronter les images et les objets correspondants du terrain environnant : maisons, buissons, lisières, chemins, etc.

Mais il faut la vérifier en effectuant des visées sur différents points nettement identifiés ; visées sur le terrain et directions sur la photo doivent correspondre exactement.

33. Détermination des points du terrain et de la photo

On procédera comme avec la carte, mais là encore l'abondance des détails planimétriques sur la photo facilitera généralement l'identification de points.

34. Détermination des points sur la photo

Pour situer un objectif ou indiquer sa position, si l'on est muni d'une photo aérienne verticale, on aura souvent à désigner un point du terrain identifié sur cette photo. Cette désignation sera faite par rapport à des repères.

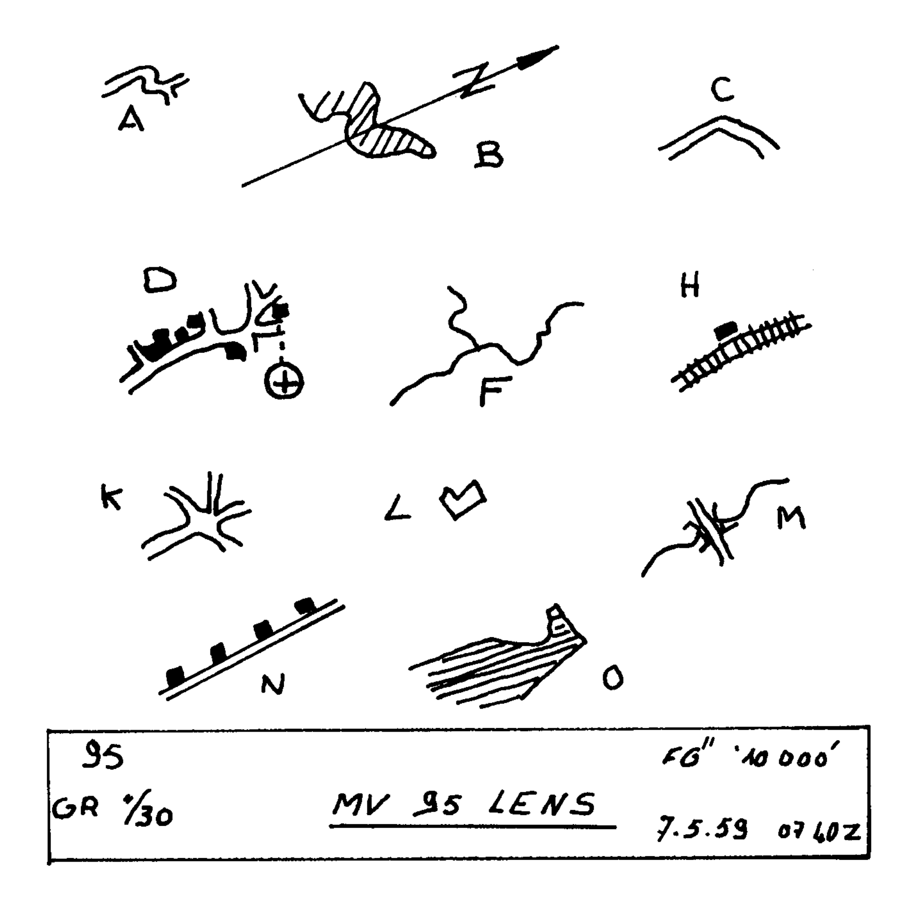
Il faut évidemment que la photo ait été équipée au préalable ; un certain nombre de points caractéristiques, judicieusement choisis sur toute la photo, reçoivent une désignation conventionnelle : pont A, carrefour B, corne de bois C, etc.

Ces lettres sont reportées sur la photo.

Un point quelconque peut, alors, être facilement désigné :

– soit sous la forme « AB 3 », par exemple, ce qui signifie que le point est situé sur la ligne AB, à environ un tiers de la distance AB, à partir de A ;

– soit sous forme « 200 m S-E de D », ce qui exige que la photo ait été orientée au préalable.



Exemples :

1) Élément ennemi se replie sur ferme, lisière bois situé 250 m S-E de C.

2) Suis arrêté extrémité nord de haie de cactus en NB 4.

CHAPITRE 3

L'IMAGERIE SPATIALE

L'observation de la Terre est un des grands domaines de l'activité spatiale. Les satellites offrent, en effet, la possibilité d'acquérir des données de façon répétitive sur de grandes étendues dont la juxtaposition couvre la totalité de la Terre, sans contrainte imposée par les frontières politiques.

1. L'OBSERVATION DE LA TERRE

Les satellites d'observation de la Terre appartiennent à trois grandes familles : les satellites météorologiques, les satellites de télédétection et les satellites de reconnaissance militaire.

Les premiers fournissent le plus souvent des images couvrant de grandes étendues, de résolution grossière et obtenues avec une forte répétitivité. Ils sont souvent géostationnaires (immobiles par rapport à la Terre) ou placés sur des orbites circulaires relativement hautes (900 à 1 800 km).

Ceux de la deuxième famille décrivent des orbites plus basses (200 à 1 000 km) et donnent des résolutions plus fines permettant l'utilisation des images fournies dans des domaines assez variés comme la cartographie, l'environnement, l'agriculture. Les orbites ont des caractéristiques bien particulières : elles sont circulaires, fortement inclinées par rapport au plan de l'équateur (elles passent donc à proximité de la ligne des pôles), héliosynchrones [(1)] pour avoir des conditions d'éclairement constantes quelle que soit la période de l'année, et enfin phasées, c'est-à-dire repassant périodiquement à la verticale du même point.

Ceux de la dernière famille enfin parcourent des orbites excentriques, effectuant leurs observations à proximité du périgée (point de l'orbite le plus rapproché de la Terre) dont l'altitude très basse permet une fine résolution au sol.

2. LES CAPTEURS

Les capteurs ont pour fonction d'enregistrer le rayonnement électromagnétique provenant de la zone observée (lumière, ondes radar, rayonnement infrarouge). Leur conception est évidemment liée au type de rayonnement analysé, mais elle doit également tenir compte des lois physiques qui régissent et souvent perturbent la propagation des ondes électromagnétiques par des phénomènes tels que la réfraction, l'absorption ou la diffusion.

---

(1) ALBÉDO : fraction de la lumière reçue que réfléchit ou diffuse un corps non lumineux.

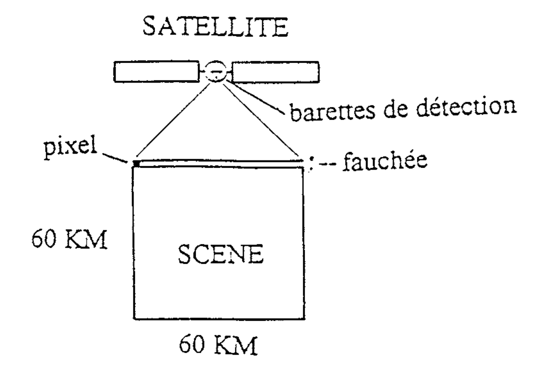
PIXEL : plus petit élément de teinte homogène d'une image enregistrée.

Les capteurs se répartissent en deux grandes catégories. Il y a tout d'abord les capteurs dits « à prise de vue instantanée » qui enregistrent instantanément l'ensemble de la zone observée. Parmi ceux-ci, on trouve les chambres photographiques (Spacelab) ou les caméras électroniques dont le fonctionnement repose sur le balayage électronique d'un écran photosensible sur lequel s'est formée l'image (Landsat).

La deuxième catégorie est celle des capteurs à « prise de vue continue » ou à « balayage ». La scène observée est analysée ligne par ligne, au moyen d'un système de balayage qui peut être mécanique (miroir tournant ou oscillant), le capteur n'enregistrant à chaque instant qu'un seul point de la ligne, ou électronique, lorsque le système optique enregistre tous les points d'une ligne au même instant. C'est le cas du satellite SPOT qui est équipé de 6 000 détecteurs montés sur des barrettes permettant d'analyser d'un seul coup la totalité d'une ligne du paysage perpendiculaire à la trace du satellite. La longueur de la ligne analysée est d'environ 60 km.

En règle générale les informations recueillies (les images) sont numériques et transmises vers des stations de réception au sol par voie radioélectrique. Notons qu'il est bien rare de pouvoir parler de « photographies » spatiales et qu'on a le plus souvent affaire à des images numériques.

Principe d'observation du satellite :



3. LES IMAGES : TRAITEMENTS ET MÉTHODES D'ANALYSE

Comme il vient de l'être dit, les images spatiales sont le plus souvent numériques. En fait, il faut se représenter une image satellite comme une juxtaposition de petits éléments (pixel) de forme régulière (carrés ou rectangulaires), représentant chacun une petite parcelle du terrain observé (10 × 10 m pour SPOT en mode panchromatique c'est-à-dire en noir et blanc). Chaque pixel reçoit une valeur, la radiométrie, correspondant à l'intensité du rayonnement enregistré sur cette parcelle de terrain, et sur des plages bien déterminées du spectre électromagnétique. Ainsi, une image panchromatique représente une plage étendue de ce spectre (tout le visible), mais une image en couleurs ne peut être obtenue que par le traitement effectué sur plusieurs images de base correspondant chacune à une bande beaucoup plus restreinte (la bande du vert, du rouge et du proche infrarouge pour SPOT).

Ces images ne sont généralement pas exploitables à l'état brut, mais doivent subir des traitements radiométriques et géométriques. Il faut en particulier tenir compte des effets de la rotation de la Terre, de sa rotondité et de l'attitude du satellite qui n'est pas forcément très stable sur son orbite. Des opérations complexes sont nécessaires pour faire coïncider une image spatiale avec un fond de carte. Le fait que ces images soient le plus souvent numériques permet la réalisation de ces traitements par des moyens informatiques.



L'utilisation et les méthodes d'analyse des images spatiales sont très variées. Un agronome n'aura pas du tout la même démarche qu'un cartographe ou un géologue, même si au départ la problématique semble similaire : à quoi correspond, sur le terrain, ce qui est vu sur l'image ? Les utilisateurs de l'imagerie spatiale sont avant tout des spécialistes ayant une bonne connaissance de leur discipline et de ce que peut leur apporter cette nouvelle source d'information. Il faut par exemple une solide formation d'interprétation d'images à un spécialiste du renseignement pour déceler une position de batterie sol-air sur une image SPOT.

Là également, le caractère numérique des images permet des traitements informatiques facilitant leur utilisation. Ces traitements vont de l'accentuation des contrastes au lissage ou à l'extraction de gradients (c'est-à-dire de la mise en évidence des contours) pour une image seule, de la réalisation de modèles numériques de terrain (restitution du relief) à la création d'images en fausses couleurs (reconstitution d'une image couleurs à partir des enregistrements dans le vert, le rouge et l'infrarouge par exemple) pour ceux faisant appel à plusieurs images. Des méthodes statistiques et mathématiques sont également employées pour mettre en évidence certains phénomènes tels que les différents types de végétation ou la structure géologique de la surface du sol.

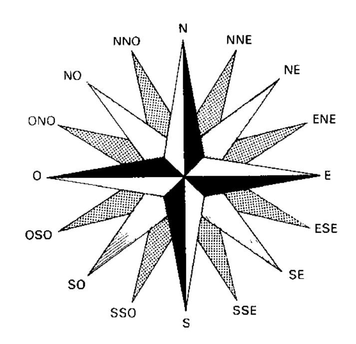
ANNEXE I

S'ORIENTER

1. **DÉFINITION.**

S'orienter, c'est déterminer l'endroit où l'on se trouve par rapport à des repères.

Les repères les plus courants sont :
– les points cardinaux (nord, sud, est, ouest) ;



– la direction du nord géographique, du nord magnétique ou du nord de la carte utilisée ;
– la direction du sud, de nuit, dans l'hémisphère austral.

2. **LES PROCÉDÉS D'ORIENTATION.**

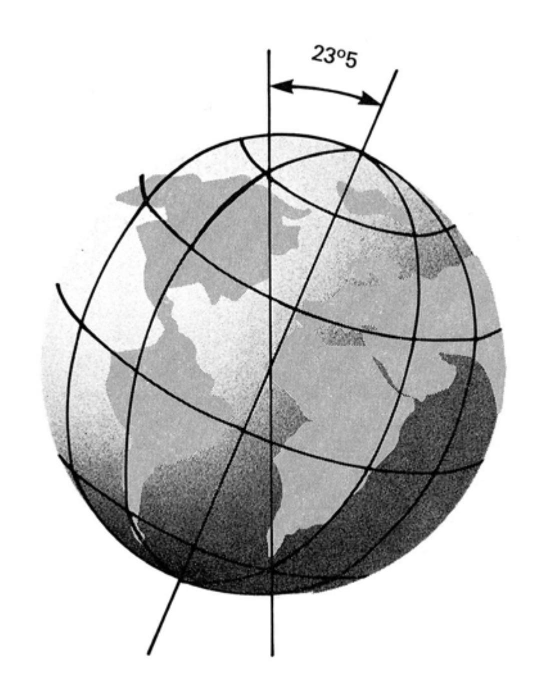
21. **De jour.**

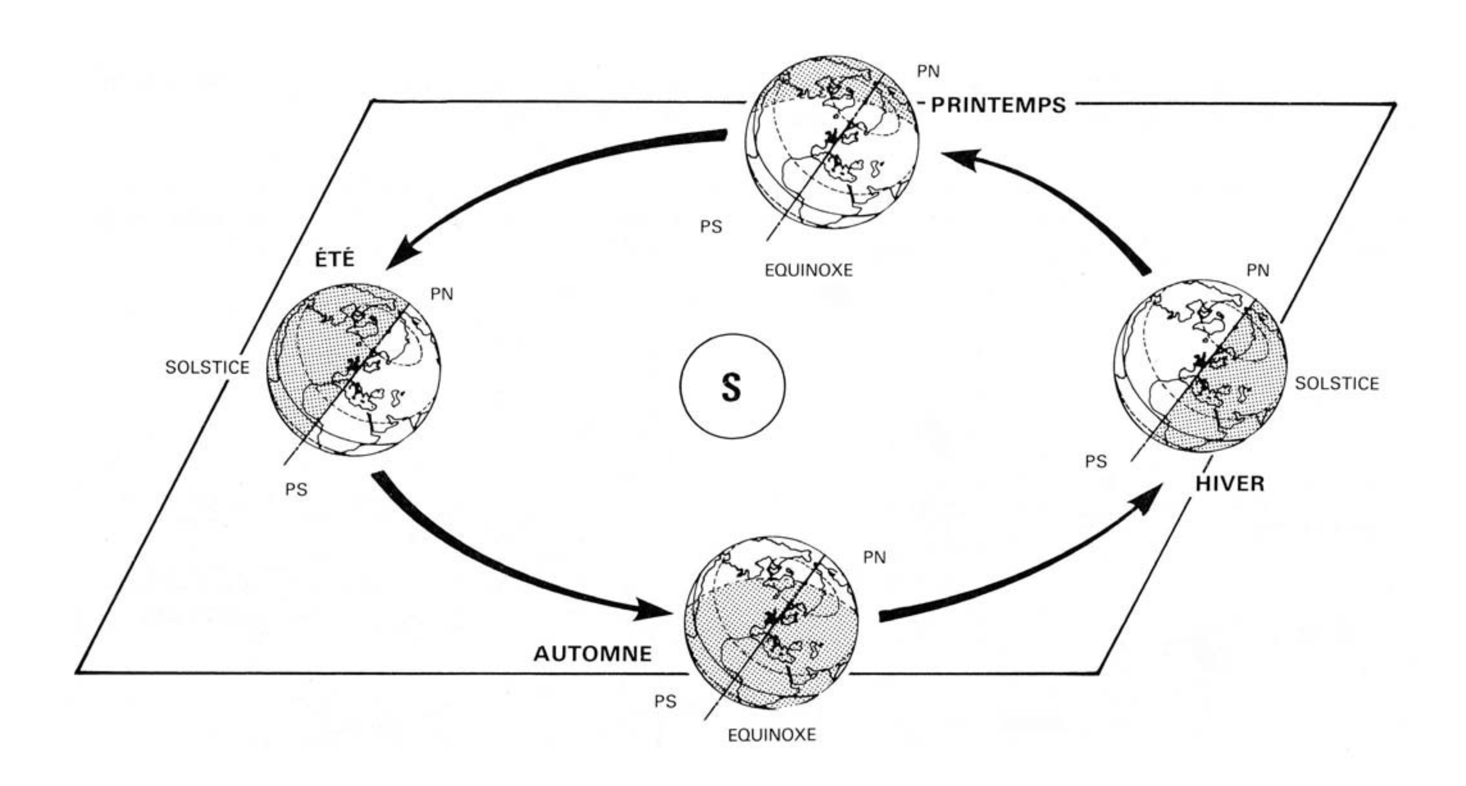
211. **Le Soleil.**

Le Soleil se trouve :
– à 6 heures (1) dans la direction de l'est ;
– à 18 heures (1) dans la direction de l'ouest ;
– à 12 heures (1) :
  - dans la direction du sud dans l'hémisphère Nord (ou boréal),
  - dans la direction du nord (2) dans l'hémisphère Sud (ou austral),
  - soit dans la direction du sud, soit dans la direction du nord (2), suivant, l'époque de l'année, entre les tropiques du Cancer et du Capricorne.

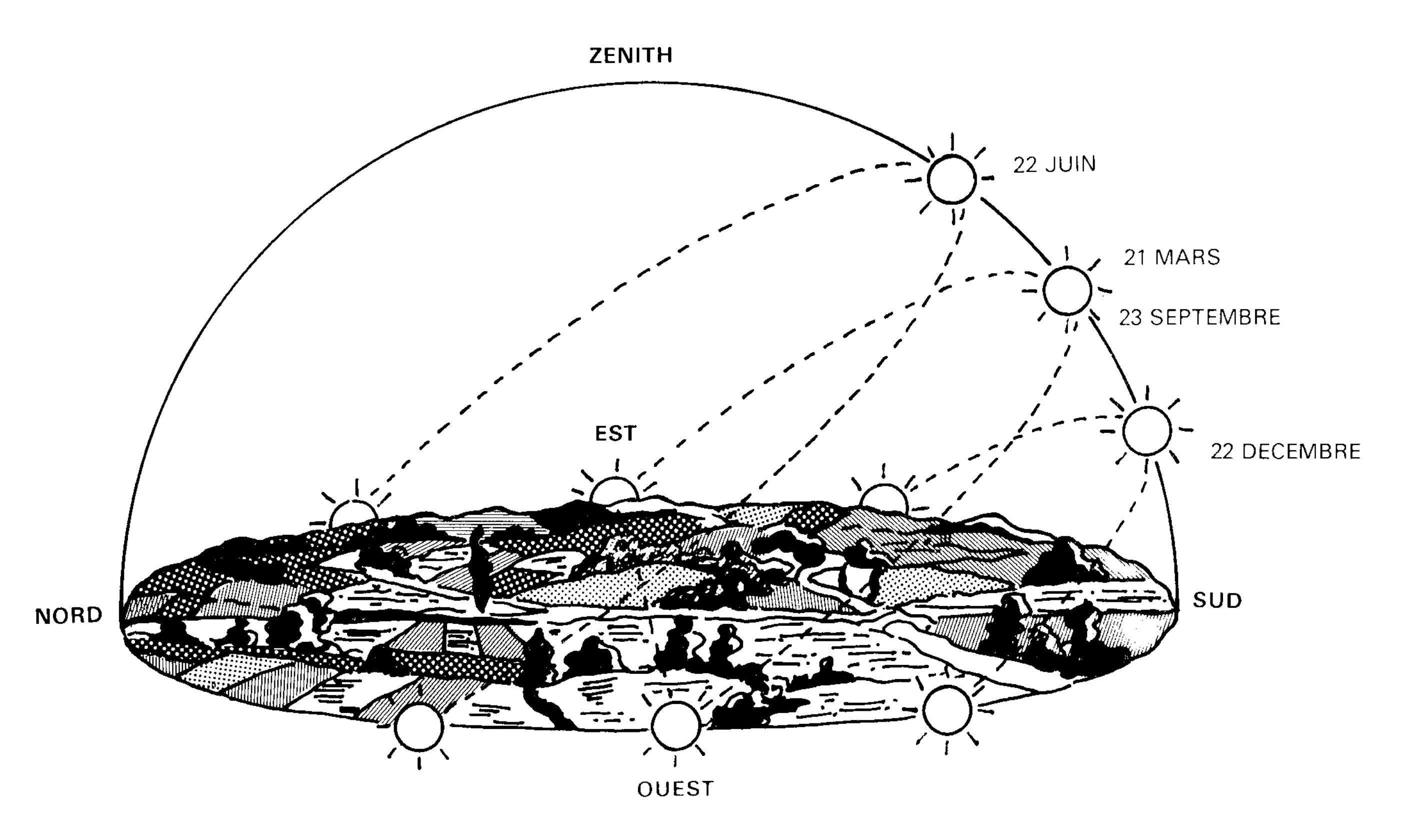
(1) Heure solaire.
(2) Nord géographique (pôle Nord).

La variation de la position apparente du Soleil à midi entre les deux tropiques, de même que son trajet apparent suivant les saisons dans les autres contrées, est due à l'inclinaison, de 23° 5', de l'axe de la Terre sur la perpendiculaire au plan de l'orbite (1) de la Terre autour du Soleil.





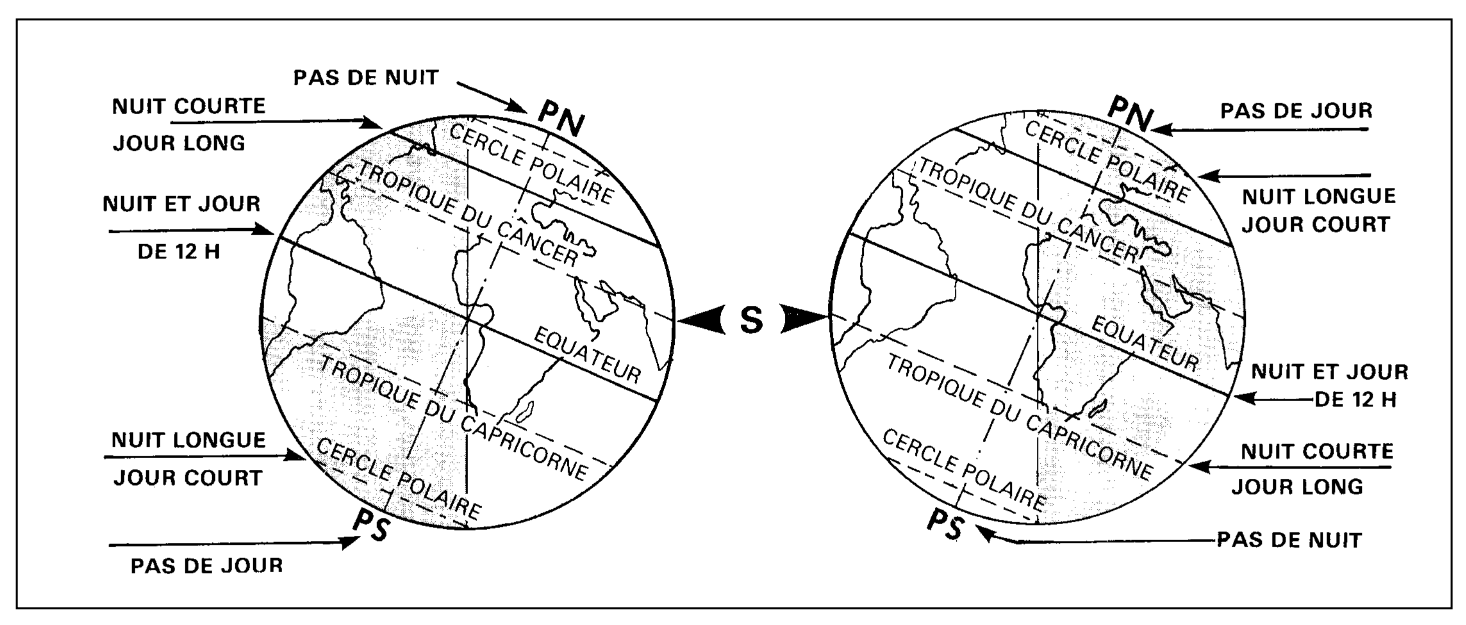
(1) Orbite : trajectoire courbe d'un corps céleste ayant pour foyer un autre corps céleste. L'orbite de la Terre est une ellipse dont l'un des foyers est le Soleil.



Trajet apparent du Soleil aux différentes saisons en France

Les tropiques, à 23°5 au nord (tropique du Cancer) et à 23°5 au sud (tropique du Capricorne) de l'équateur, sont les parallèles qui limitent la zone où l'on peut voir le Soleil au zénith.

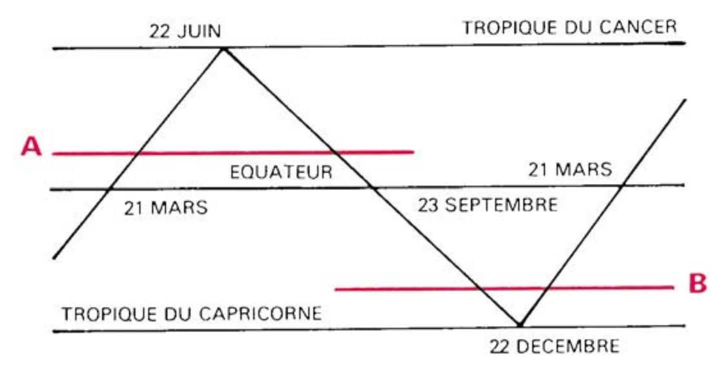
On l'y voit une fois par an aux tropiques. Lorsqu'il est au zénith du tropique du Cancer, le 22 juin, toutes les personnes situées au sud de ce tropique le voient à midi au nord. Lorsqu'il est au zénith du tropique du Capricorne, le 22 décembre, toutes les personnes situées au nord de ce tropique le voient à midi au sud.



Position de la Terre par rapport aux rayons solaires le 22 juin (solstice d'été)

Position de la Terre par rapport aux rayons solaires le 22 juin (solstice d'été)

On l'y voit deux fois à tous les autres points de la zone comprise entre les deux tropiques. Ses deux passages au zénith sont d'autant plus rapprochés pour un lieu que celui-ci est près d'un tropique. Sa position en ce lieu à midi est fonction de ces deux passages. Par exemple :



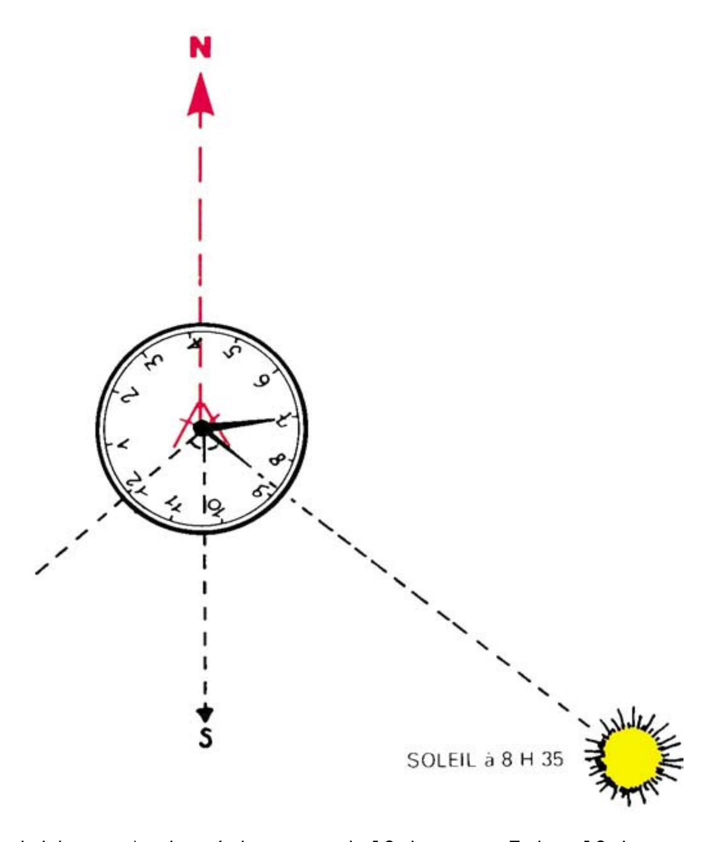
Lieux ou le Soleil passe au zénith une fois (tropiques) ou deux fois (zone intertropicale) au cours de l'année

- une personne située au point A voit à midi le Soleil au nord pendant la période s'étendant environ du 21 avril au 21 août ;
- une personne située au point B voit à midi le Soleil au sud pendant la période s'étendant environ du 10 novembre au 15 février.

212. **La montre.**

On peut trouver la direction du nord avec une montre, mais il s'agit d'un procédé approximatif [1].

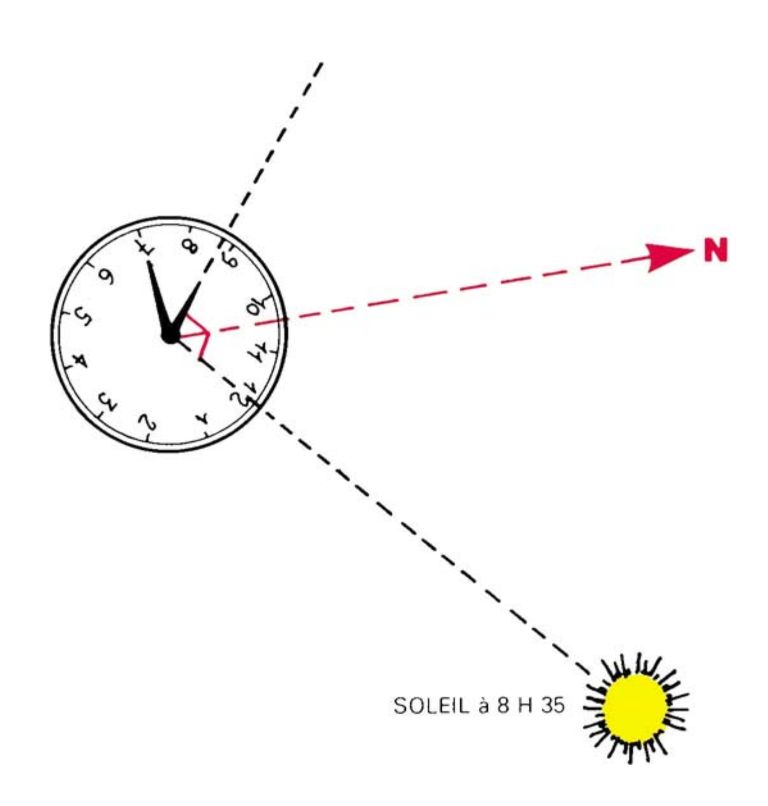
2121. *Hémisphère Nord* (ou quand le Soleil passe au sud à midi) :
- mettre la montre à l'heure solaire ;
- la disposer de telle sorte que la petite aiguille soit en direction du Soleil ;
- le prolongement de la bissectrice intérieure de l'angle formé par la petite aiguille et la direction centre de la montre-midi indique le nord géographique.



(1) Les procédés décrits ne sont valables qu'entre 6 heures et 18 heures. Entre 18 heures et 6 heures le procédé décrit pour un hémisphère est à employer dans l'autre.

2122. *Hémisphère Sud* (ou quand le Soleil passe au nord à midi) :

– mettre la montre à l'heure solaire ;
– la disposer de telle sorte que le « 12 » soit en direction du Soleil ;
– la bissectrice intérieure de l'angle formé par la petite aiguille et la direction centre de la montre-midi indique le nord géographique.



213. **La boussole.**

La Terre se comportant comme un aimant, l'aiguille ou la flèche d'une boussole se stabilise toujours dans un plan passant par ses deux pôles magnétiques.

La direction indiquée par la pointe bleue de l'aiguille aimantée (boussole modèle 22) ou par la flèche (boussole modèle F 1) est celle du pôle Nord magnétique de la Terre.

Pour utiliser la boussole, voir section I, chapitre 7.

214. **La carte.**

Voir section I, chapitre 3.

22. **De nuit.**

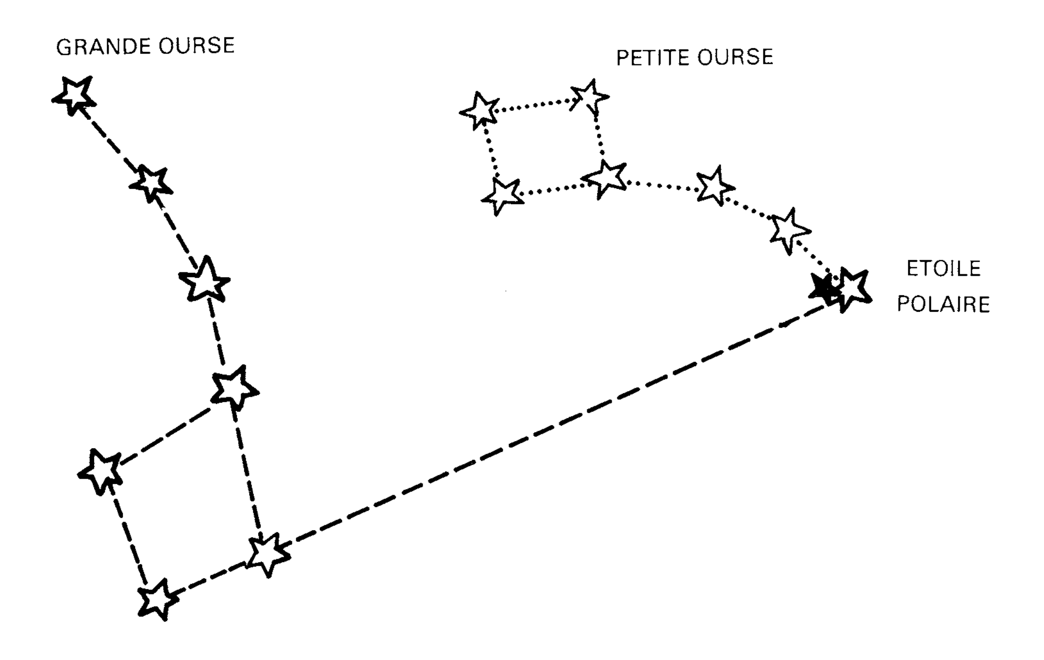
221. **Les étoiles.**

2211. *Hémisphère Nord :* l'étoile Polaire.

L'étoile Polaire donne la direction du nord géographique.

Elle est le « cheval de tête » du Petit Chariot, ou « Petite Ourse », et se situe dans le prolongement des « roues arrière » du Grand Chariot, ou « Grande Ourse », à une distance égale à cinq écartements de ses roues.

Attention, l'étoile Polaire n'est pas parmi les plus brillantes. Elle ne se voit pas dans l'hémisphère Sud.



2212. *Hémisphère Sud.*

La direction du pôle Sud est comparativement plus difficile à localiser que celle du pôle Nord dans l'hémisphère boréal.

Il n'y a pas d'étoile susceptible de recevoir le titre de « Polaire » dans l'hémisphère austral. Aucune étoile n'indique directement le pôle Sud. La position approximative de ce dernier peut être déterminée par l'intersection :

- du demi-cercle ayant pour diamètre Acrux-Canopus (les droites pôle Sud-Canopus et pôle Sud-Acrux sont donc perpendiculaires) ;
- de la hauteur abaissée de β du triangle austral sur le côté opposé $\alpha\ \gamma$;
- de la droite qui joint τ de la fausse Croix à Miaplacidus.

LE LOUP
MEN
LE CENTAURE
AGENA
RIGIL AL KENTARUS
LA CROIX DU SUD
ACRUX
LA MOUCHE
LES VOILES
LA FAUSSE
CROIX
MIAPLACIDUS
LE NAVIRE ARGO
LA POUPE
LE TRIANGLE
AUSTRAL
L'AUTEL
LE POISSON
VOLANT
LA CARENE
CANOPUS
90°
Pôle SUD

Mais pour ce faire :

1) Il faut savoir que :

– *Canopus* (α de la Carène) est, après Sirius, l'étoile la plus brillante du ciel ;
– *Rigil al Kentarus* (α du Centaure) est la troisième étoile du ciel quant à l'éclat.

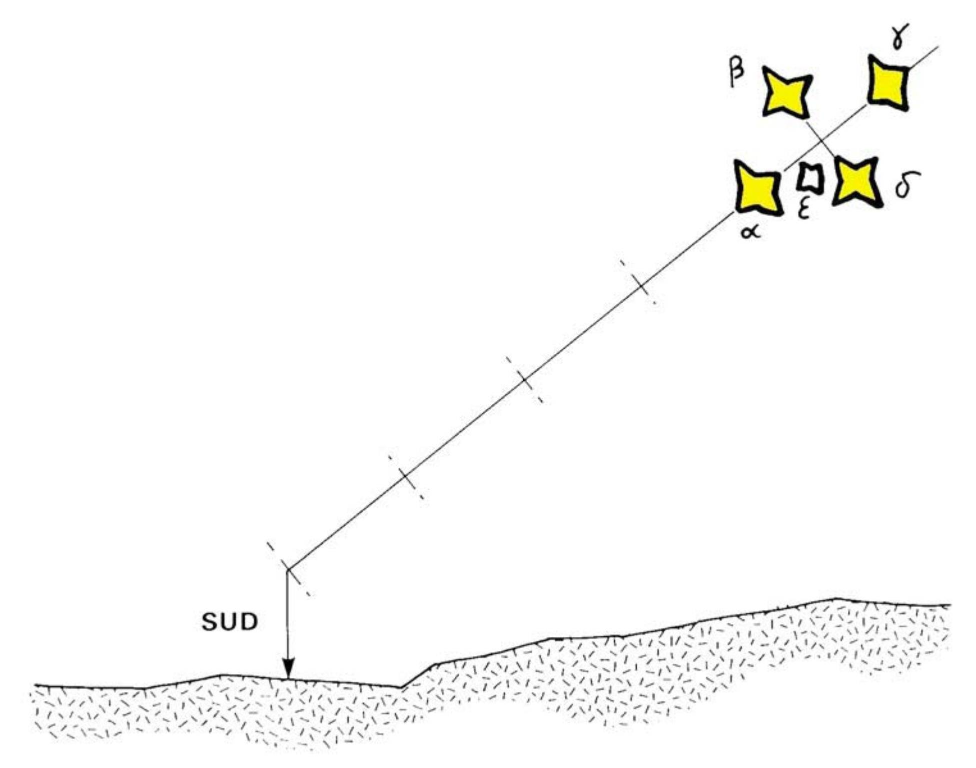
2) Il faut distinguer la vraie et la fausse Croix du sud :

• *la vraie Croix :*
– est proche du Centaure (voir ci-dessus) ;
– est constituée de cinq étoiles ; quatre étoiles forment la croix, leur éclat est décroissant lorsqu'en partant d'Acrux on tourne dans le sens des aiguilles d'une montre, la cinquième étoile (ε) se trouve dans l'angle α δ. C'est la moins brillante des cinq ;
– la grande branche (γα) indique la direction du pôle Sud ;

• *la fausse Croix :*
– est plus importante que la vraie ;
– n'a que quatre étoiles d'égale brillance ;
– est plus proche de α de la Carène.

Rapidement, mais très approximativement, on peut localiser la direction du sud en procédant comme suit :

– suivre le grand axe de la « Croix du sud » ;
– reporter vers le bas environ quatre distances séparant les deux étoiles qui déterminent cet axe.



222. **La boussole.**

L'aiguille aimantée possède une pastille autoluminescente permettant de s'orienter de nuit avec la boussole.

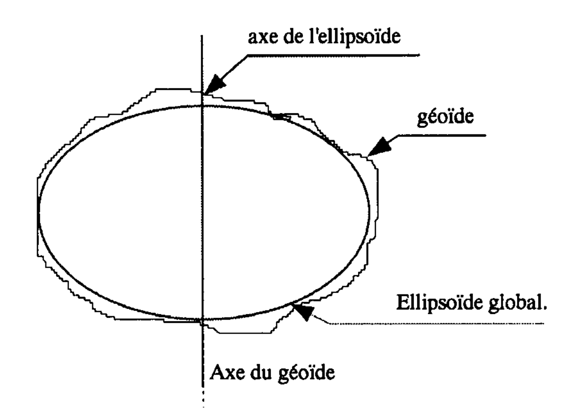
Voir section I, chapitre 7.

ANNEXE II

PROJECTION UTM 84 – UTM 50

1. **PROJECTION UTM 84.**

WGS 84. WORLD GEODETIC SYSTEM 1984 est un système géodésique de référence global dont l'ellipsoïde de référence est au plus près du géoïde (réalité physique complexe correspondant au niveau moyen des mers. Sa surface sert de référence pour déterminer l'altitude d'un point). Ce système est appelé dans un avenir proche à rester l'unique référentiel de coordonnées.

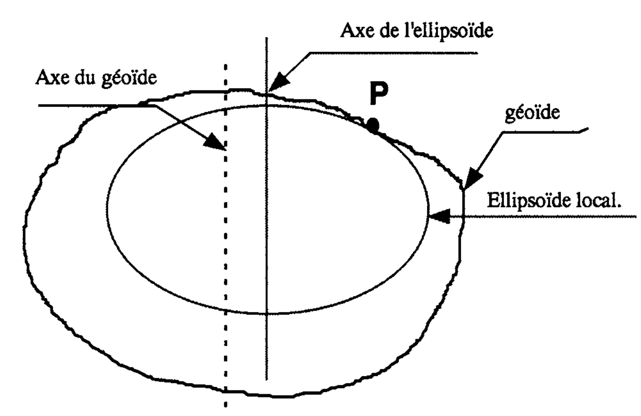


Centre de l'ellipsoïde proche du centre de la masse de la Terre

Système géodésique de référence global

2. **PROJECTION UTM 50.**

ED 50. EUROPEAN DATUM 1950 est un système géodésique de référence local (il en existe plusieurs dizaines) avec un point origine ou point fondamental à Postdam déterminé par relevé astronomique. L'ED 50 a été obtenu par compensation de plusieurs systèmes de référence locaux.



P = Point fondamental à la surface de la Terre

Système géodésique de référence local

ANNEXE III

NAVSTAR-GPS

Ce nouveau procédé de détermination de position, est un système américain qui met en œuvre les techniques les plus récentes, puisqu'il fait appel aux satellites. Très prometteur, le GPS n'a cependant pas encore surmonté tous ses problèmes de jeunesse. Par ailleurs, il ne remplacera jamais totalement les procédés topographiques actuellement employés par les artilleurs.



GPS-NAVSTAR
À gauche (jaune) récepteur TRIMBLE ; à droite antenne ASHTECH

Le NAVSTAR-GPS (Navigation System by Timing And Ranging – Global Positioning System) a été développé par les États-Unis pour fournir à un utilisateur militaire, de façon très précise et immédiate, en tout point du globe et à tout instant, sa position, sa vitesse et son époque (c'est-à-dire un temps coordonné très précis).

Le principe, très simple en théorie, consiste à effectuer une trilatération dans l'espace (ou une multilatération), après avoir mesuré les distances qui séparent le récepteur de plusieurs satellites artificiels en orbite haute, qui sont considérés comme des points géodésiques :

– **la composante spatiale** est constituée à terme d'une constellation de 24 satellites (dont 3 de rechange) sur 6 plans orbitaux inclinés sur l'équateur de 55^0 et décalés entre eux de 60^0. Chaque plan orbital contient 3 ou 4 satellites. Les orbites sont circulaires : elles sont parcourues avec une période d'environ 12 heures. Ces satellites sont placés à une altitude moyenne de 20 200 km.

  Chaque satellite est en fait une horloge atomique qui permet de générer deux porteuses modulées de façon à transmettre les informations nécessaires à une mesure.

– **la composante de contrôle** comprend un certain nombre de stations au sol qui assurent la gestion, la surveillance et l'orbitographie de la constellation.

– **la composante utilisateur :** ce sont les récepteurs GPS, tant civils que militaires, dont les performances varient dans une très large mesure en fonction de la taille, du coût et de la procédure de mise en œuvre. Un récepteur GPS se compose au minimum d'une horloge, d'une petite antenne à radôme hémisphérique dont le rayon peut être inférieur à 10 cm, d'un ordinateur de calcul et d'un décodeur de signaux.

LES MESURES DE DISTANCE.

Le principe est le suivant : en mesurant les paramètres à l'aide de trois satellites dont on connaît les coordonnées, il est possible de déterminer géométriquement la position du récepteur. En fait, le GPS ne mesure pas directement des distances, mais des temps : la porteuse reçue à un instant « t », porte en elle l'information de l'heure à laquelle elle a été mise. En connaissant les vitesses de propagation des ondes électromagnétiques, on déduit la distance par comparaison entre l'heure d'émission et l'heure de réception.

Deux exemples montrent la complexité des applications d'un principe aussi simple : la propagation des ondes dans les différentes couches de l'atmosphère n'est pas constante ; de plus, elle est influencée par des perturbations solaires. Par ailleurs, l'altitude très élevée des satellites impose la prise en compte de corrections relativistes : le temps s'écoule en effet plus lentement dans l'espace qu'à proximité d'un corps massif comme la Terre.

LES APPLICATIONS.

La précision du GPS varie en fonction de son mode d'utilisation. Pour rester simple, on peut distinguer les mesures « en temps réel » et les mesures « en temps différé ».

Les premières consistent à déduire les distances de la mesure des intervalles de temps, en fonction de la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques. Rapide et relativement simple à mettre en œuvre, ce procédé n'offre néanmoins pas une précision suffisante pour le calcul des éléments de tir de l'artillerie. Il peut cependant être optimisé par l'emploi d'un code spécial, dit « code P », diffusé exclusivement pour l'armée américaine. L'obtention d'une plus grande précision demande des corrections complémentaires. Il faut disposer pour cela d'une station de contrôle au sol qui communique ces corrections aux différents utilisateurs. Cette solution garantit, outre une précision de l'ordre du mètre, une remarquable cohérence topographique de tous les moyens de feux et d'acquisition.

Les mesures en temps différé permettent une précision de l'ordre du millimètre (!) leur complexité en réserve l'utilisation aux géodésiens.

Enfin, les performances d'un récepteur, indépendamment de sa précision, sont fonction du nombre de ses canaux, c'est-à-dire du nombre de satellites avec lesquels il peut être en liaison en même temps. Un récepteur monocanal sera obligé de suivre plusieurs satellites successivement pour pouvoir effectuer ses mesures.

Les applications militaires sont très nombreuses. Le GPS permet de couvrir les besoins en navigation de tous les types de mobiles, depuis les véhicules jusqu'aux satellites en orbite basse, en passant par les missiles de croisière ou d'observation (CL 289), les navires, ou même les chuteurs opérationnels en pénétration sous voile. Il est à noter toutefois que les sous-marins ne peuvent recevoir les signaux satellites qu'en surface. Couplé avec une station au sol de correction, le GPS assure tous les besoins en localisation de l'artillerie. La diffusion du temps coordonné est également très utile pour les transmissions qui utilisent des postes à évasion de fréquence.

Le GPS reste sensible aux contre-mesures électroniques, et les récepteurs peuvent tout simplement tomber en panne.

ANNEXE IV

LE PLGR/AN/PSN 11 « PLUGGER »

(PRECISION LIGHTWEIGHT GPS RECEIVER)

Le PLGR est un équipement de navigation de haute précision par signaux satellite. L'équipement fonctionne comme un élément du système GPS NAVSTAR.

Le PLGR permet donc de faire soit de la navigation, soit du positionnement.

De manière à pouvoir obtenir des coordonnées avec la précision militaire requise (EPC < 16 m), il est indispensable de posséder les clés de cryptage du code « Y » dont la durée est de 54 semaines.

Pour des opérations de courte durée, il est possible de charger manuellement des clés de cryptage pour une durée de 6 semaines.



CARACTÉRISTIQUES.

RÉCEPTEUR 5 CANAUX.

CODE C/A, P ET Y.

Précision epc < 16 m, epz < 10 m (code Y).

Alimentation Batterie d'alimentation
+ batterie sauvegarde.
Batteries de véhicules.

Autonomie 2,5 heures à 20 heures suivant les piles.

Poids 1,4 kg.

Antenne INTERNE.
EXTERNE.

DANGER
RETIRER LE BOÎTIER OU LA BATTERIE 5800
AVANT D'APPLIQUER L'ALIMENTATION EXTÉRIEURE